

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
**«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»**

Приоритетный национальный проект «Образование»

*Посвящается созданию Уральского
энергетического института УрФУ*

**Энерго- и ресурсосбережение.
Энергообеспечение.
Нетрадиционные и возобновляемые
источники энергии**

**Сборник материалов Всероссийской студенческой
олимпиады, научно-практической конференции и выставки
работ студентов, аспирантов и молодых ученых
13 - 16 декабря 2011 г.**

*Под общей редакцией
профессора, д-ра экон. наук Н.И. Данилова*

Екатеринбург
2011

Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых 13-16 декабря 2011 г. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 508 с.

В сборник включены материалы и тезисы докладов, представленные на Всероссийской студенческой олимпиаде, научно-практической конференции и выставке. Тезисы докладов отражают широкий диапазон научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых вузов, предприятий и организаций России, Казахстана и стран дальнего зарубежья по проблемам энергосбережения, энергообеспечения, повышения эффективности использования энергетических ресурсов и создания нетрадиционных, возобновляемых источников энергии.

Организационный комитет:

Кокшаров В.А. (председатель оргкомитета)

Князев С.Т. (сопредседатель оргкомитета)

Балдин В.Ю. (ответственный секретарь)

Козлов В.В.

Попов А.А.

Бродов Ю.М.

Кокин С.Е.

Селезнева И.С.

Жуков А.А.

Май С.А.

Данилов Н.И.

Щеклеин С.Е.

Берг Б.В.

Дубинин А.М.

Рыжков А.Ф.

Ярошенко Ю.Г.

Велькин В.И.

Гольцев В.А.

Попов А.И.

Силин В.Е.

Тупоногов В.Г.

Иваницкая Р.Л.

Алехин В.Н.

Капустин Ф.Л.

Плотников П.Н.

Безматерных М.А.

Моржерин Ю.Ю.

Малыгин В.Ю.

Мунц В.А.

Белоусов В.С.

Богатова Т.Ф.

Паздерин А.В.

Черных И.В.

Белоусова О.А.

Герасимова Е.С.

Немихин Ю.Е.

Раков О.А.

Толстова Ю.И.

Усова Г.И.

Ответственные за выпуск – Балдин В.Ю., Селезнева И.С.

© ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», 2011

© Авторы статей, 2011

Научное издание

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ.
НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Научные редакторы *В.Ю. Балдин, И.С. Селезнева*

Компьютерная верстка *Г.Н. Мизгулиной*

Некоторые статьи печатаются в авторской редакции

Подписано в печать 08.12.2011.
Бумага офсетная
Тираж 200 экз.

Формат 60х84 1/16
Усл. печ. л. 29,5
Заказ 1265

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Отпечатано в типографии ИПЦ УрФУ
620000, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел. +7 (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
E-mail: press.info@usu.ru

**Участникам, организаторам и гостям
Всероссийской студенческой олимпиады,
научно-практической конференции и
выставки работ студентов, аспирантов и
молодых ученых «Энерго- и
ресурсосбережение. Энергообеспечение.
Нетрадиционные и возобновляемые
источники энергии»!**

*Уважаемые участники, организаторы и гости
Всероссийской студенческой олимпиады, выставки
и научно-практической конференции!*

Энергообеспеченность страны – важнейший элемент государственной стратегии развития. Энергоэффективность и энергосбережение занимают приоритетные позиции во внутренней и внешней политике всех без исключения государств мирового сообщества.

Рациональное использование энергетических ресурсов является одним из наиболее важных вопросов для экономики нашей страны. Президент Российской Федерации Дмитрий Анатольевич Медведев не раз отмечал, что энергосбережение превращается в один из основных трендов всемирной экономики. Работу по энерго- и ресурсосбережению Президент назвал «ключевым направлением для модернизации экономики и социальной сферы страны».

Два года назад вступил в действие Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». Принятый закон, действующая в стране Государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года направлены на реализацию активно проводимой государством политики сбережения и рационального использования энергетических ресурсов.

Успешная реализация этой политики возможна только при активном участии молодых специалистов, способных с полным пониманием квалифицированно реализовывать конкретные мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Поэтому сегодня отечественной экономике крайне необходим приток молодых высококвалифицированных инженеров и ученых со сформированной идеологией энергосбережения.

Губернатор Свердловской области Мишарин Александр Сергеевич неоднократно указывал на необходимость подготовки молодых специалистов инженерных профессий, способных создавать новые и оптимизировать действующие процессы производства, передачи и потребления энергии,

посвятить свои научную деятельность поиску новых источников энергии и способам эффективного их использования.

В Свердловской области все большее внимание уделяется вопросам стимулирования студентов, аспирантов и молодых ученых к творческой деятельности, в том числе участию в энерго- и ресурсосберегающих исследованиях и проектах. Особенно отмечу в этой связи результаты Института энергосбережения и кафедры «Энергосбережение» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, которые успешно осуществляют научно-методическую и образовательную деятельность по повышению энергетической эффективности экономики и подготовке кадров в Свердловской области.

Творчество молодежи активно поддерживается региональными органами государственной власти и бизнеса. Разработки молодых ученых и специалистов регулярно демонстрируются на выставках, конференциях и форумах. На международной выставке и форуме «ИННОПРОМ 2011» была презентована экспозиция энергоэффективных технологий, где особое место заняли проекты и материалы, разработанные при участии молодых специалистов.

Важно и впредь вовлекать молодых ученых и специалистов в систему информационного обмена, обобщать представленные результаты в области энерго- и ресурсосбережения, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, а также привлекать молодежь к научно-практическому творчеству. Считаю, что мероприятия Всероссийской студенческой олимпиады, конференции и выставки зарекомендовали себя как эффективная коммуникационная площадка для этих целей.

Желаю всем участникам Всероссийской студенческой олимпиады, конференции и выставки плодотворной творческой работы по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики, успешной практической реализации творческих идей, успехов в освоении новых знаний и заслуженных побед!

Заместитель председателя Правительства
Свердловской области -
Министр промышленности и науки
Свердловской области



А.Ю. Петров

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ПОЛЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЛОДЕЖИ

Данилов Н.И.

УрФУ, ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»

ines@ines-ur.ru

В октябре 2011 г. ГБУ СО «ИнЭС» исполнилось 5 лет. 25 октября 2006 года Губернатор Свердловской области Э.Россель подписал Указ о создании в регионе специализированного учреждения – Государственного бюджетного учреждения Свердловской области «Институт энергосбережения».

За пять лет Институт сформировался и утвердился как региональный межотраслевой центр по вопросам энергоэффективности, уполномоченный орган Правительства Свердловской области в реализации политики энергосбережения и повышения энергетической эффективности в регионе. После принятия в ноябре 2009 года Федерального Закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» на ИнЭС возлагается особая ответственность как на организацию-координатор работ по энергосбережению в Свердловской области.

Коллектив Института насчитывает 30 чел., в том числе 25 специалистов с высшим образованием, из них 5 кандидатов технических и экономических наук. Около половины кадрового состава ИнЭС – молодые ученые, специалисты, аспиранты. Молодежь находится на ответственных участках работ, руководит отделами и творческими коллективами Института. Молодые специалисты ИнЭС сертифицированы в качестве энергоаудиторов, термографистов, специалистов по проектированию систем теплоснабжения, а также в области энергетического менеджмента.

За 5 лет творческий потенциал молодежи позволил достичь весомых результатов.

Отделом экономико-энергетического анализа и прогнозирования впервые разработан прогнозный топливно-энергетический баланс региона на долгосрочную перспективу – до 2020 года. Разработана методика расчета и составления рейтинга энергоэффективности муниципальных образований. Разработана и утверждена «Региональная программа по энергосбережению и повышению энергетической эффективности Свердловской области на 2010-2015 годы и целевые установки на период до 2020 года». Программа представлена и одобрена на заседании Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России.

ИнЭС является инициатором разработки комплексных программ повышения энергоэффективности территорий в Свердловской области.

Молодые специалисты отдела энергоэффективных зданий активно участвуют в работе по повышению энергоэффективности реконструируемых и вновь возводимых зданий. Осуществляется научно-техническое сопровождение экспериментальной площадки Свердловской области по разработке и внедрению энергоэффективных технологий при строительстве микрорайона «Академический». На основании проведенных исследований определена «Концепция разработки и внедрения энергоэффективных технологий в планировочном районе

«Академический» в городе Екатеринбурге на период до 2025 года», утвержденная Распоряжением Губернатора Свердловской области. Реализация Концепции позволяет разработать рекомендации по созданию жилого дома с уменьшенным потреблением тепловой энергии и вводить в эксплуатацию дома высокого класса энергоэффективности.

В основе разработки мероприятий по повышению энергоэффективности лежат энергетические обследования. Закон № 261-ФЗ придает этому особое значение. Энергетический аудит позволяет определить фактическое состояние объекта и его соответствие действующим нормативам, выявить резервы энергосбережения и экономии ресурсов, разработать мероприятия и программы по повышению энергоэффективности и энергосбережению.

Владея современными приборами для проведения комплексных приборных энергетических обследований, включая термографию, молодые специалисты ИнЭС выполняют большой объем работ по энергоаудиту. За 5 лет Институтом энергосбережения выполнено более 50 энергообследований зданий, предприятий, инженерных сетей, муниципальных образований, включая тепловизионный контроль, и даны рекомендации по энергетической санации объектов.

Одним из важных направлений работы ИнЭС является энергетическая паспортизация и лимитирование топливно-энергетических ресурсов, потребляемых бюджетными организациями. Для этого в Институте энергосбережения разработана и введена в действие АСУ «Лимитирование ТЭР». Упорядочение процесса лимитирования ТЭР бюджетных организаций позволит реализовать требование федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» о ежегодном сокращении потребления энергоресурсов на 3 %.

В Институте создается информационная база данных в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, адаптированная к Государственной информационной системе.

Полученные результаты позволили в рамках научно-методической работы в ИнЭС создать целый ряд уникальных методических разработок:

- Методика расчета показателей регионального топливно-энергетического баланса, энергоэффективности региональной экономики, отраслей и видов экономической деятельности;
- Методика рейтинговой оценки муниципальных образований по энергоэффективности;
- В соавторстве разработана Методика проведения энергетических обследований бюджетных организаций, утвержденная приказом министра энергетики и ЖКХ Свердловской области;
- Методика энергетических обследований систем электро-, тепло- снабжения объектов ЖКХ; систем транспорта тепловой энергии (тепловых сетей); котельных; подразделений электрических сетей;
- Временный регламент согласования «Энергетических паспортов организаций» и «Технических паспортов котельных»;
- Пособие по оценке эффективности работы котельных в системах коммунального теплоснабжения.

Молодые специалисты активно участвуют в образовательной деятельности в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, предусмотренной Государственной программой мероприятий по реализации Закона об энергосбережении № 261-ФЗ. За 5 лет совместно с кафедрой «Энергосбережение» УрФУ подготовлено более 10000 студентов. По программам повышения квалификации специалистов организаций бюджетной сферы, ЖКХ и промышленности – около 1400 человек, в том числе 636 специалистов-энергоаудиторов.

Результаты исследований и разработок отражены в ряде публикаций. За период 2007-2011 годы с участием молодых специалистов ИнЭС подготовлено и опубликовано более 100 статей, научных и учебно-методических работ, более 60 аналитических записок и 100 отчетов по выполненным НИР. Издается серия брошюр для профессионалов энергетического сектора «Энергетическая составляющая успеха», где освещаются передовые аналитические разработки, лучший зарубежный опыт, теория и практика энергосбережения.

В своей работе коллектив ИнЭС привержен одной идее: «Устойчивой экономике – устойчивую энергетику». Реализации этой идеи во многом способствует творческий потенциал молодых специалистов ГБУ СО «Институт энергосбережения».

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ
ОЛИМПИАДЫ (III ТУР) «ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»,
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И ВЫСТАВКИ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ «ЭНЕРГО- И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ.
НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ
ЭНЕРГИИ» 2010 ГОДА**

*Балдин В.Ю., Селезнева И.С., Герасимова Е.С.
УрФУ, ensav@mail.ustu.ru, v.u.baldin@ustu.ru*

В течение десяти лет, с 2001 г. в УрФУ (ранее – УГТУ-УПИ) проводятся Всероссийские студенческие олимпиады, научно-практические конференции, выставки научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». В этих молодежных мероприятиях за это время приняли участие свыше 2500 человек из нескольких десятков вузов России.

Организаторами мероприятий являются: зав. кафедрой «Энергосбережение», проф., д-р экон. наук Н.И.Данилов, зав. кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», проф., д-р техн. наук В.А.Мунц, зав. кафедрой «Атомная (и возобновляемая) энергетика», проф., д-р техн. наук С.Е.Щеклеин.

Всероссийская студенческая олимпиада

В 2010 г. соответствии с приказом Федерального агентства по образованию от 12.03.2010 г. № 199 (Приложение 3, поз. 28), в УрФУ в период 22-26 ноября 2010 г. проведен III (заключительный) тур Всероссийской студенческой олимпиады «Энерго- и ресурсосбережение».

Олимпиада проведена по двум номинациям для студентов старших курсов следующих направлений подготовки:

- **140100 – Теплоэнергетика**, для студентов специальностей **140104 – Промышленная теплоэнергетика (ПТЭ); 140105 – Энергетика теплотехнологий (ЭТТ); 140106 – Энергообеспечение предприятий (ЭОП)**; а также
- **140200 – Электроэнергетика**, для студентов специальности **140202 – Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НиВИЭ)**.

В этом году в олимпиаде, кроме УрФУ, участвовали команды 6 вузов (в общей сложности – 7 вузов):

- 1) **Московский энергетический институт (технический университет), г. Москва;**
- 2) **Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, г. Иваново;**
- 3) **Вятский государственный университет, г. Киров,**
- 4) **Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск,**
- 5) **Самарский государственный технический университет, г. Самара;**
- 6) **Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.**

Итоги Всероссийской студенческой олимпиады

Всего во Всероссийской студенческой олимпиаде участвовало более 50 студентов, объединенные в 18 команд (протоколы прилагаются).

По итогам командных соревнований студентов специальностей **140104 ПТЭ, 140105 (ЭТТ) и 140106 (ЭОП)** заняли:

1 МЕСТО – команда УрФУ (ПТЭ-1) (г. Екатеринбург) в составе:

1.	Будин Олег Сергеевич
2.	Прошин Александр Сергеевич
3.	Савкин Андрей Викторович

2 МЕСТО заняла команда **ИГЭУ (г. Иваново)** в составе:

1.	Чусов Александр Олегович
2.	Крылов Алексей Романович
3.	Караулов Михаил Андреевич

3 МЕСТО заняла команда УрФУ (ЭОП-1) (г. Екатеринбург) в составе:

1.	Елисеев Максим Игоревич
2.	Носов Антон Алексеевич
3.	Фаррахов Сергей Валерьевич

На 4-м месте – команда Вятского Государственного университета (г. Киров), на 5-м – вторая команда Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ), на 6-м месте – команда Московского энергетического института (технический университет) МЭИ (ТУ).

По итогам индивидуального (личного) первенства студентов в данной номинации (по специальностям **140104 ПТЭ, 140105 (ЭТТ) и 140106 (ЭОП)**):

1 МЕСТО – занял студент 5-го курса УрФУ (г. Екатеринбург) Савкин Андрей Викторович (кафедра ПТЭ);

2 МЕСТО в этой номинации занял студент 4 курса ИГЭУ (г. Иваново) Чусов Александр Олегович;

3 МЕСТО в данной номинации занял студент 5 курса УрФУ (г. Екатеринбург) Прошин Александр Сергеевич (кафедра ПТЭ).

Для студентов специальности 140202 - Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НиВИЭ) конкурс проводился отдельно согласно утвержденному Положению.

Решением жюри олимпиады **ПЕРВОЕ место** по специальности «**Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии**» присуждено команде УрФУ-1 в составе:

1.	Федоров Евгений Викторович
2.	Проников Иван Андреевич

ВТОРОЕ место заняла команда УрФУ-2 в составе:

1.	Бойкачев Евгений Дмитриевич
2.	Полыгалова Мария Федоровна

ТРЕТЬЕ место заняла команда Самарского государственного технического университета в составе:

1.	Крупенина Екатерина Сергеевна
2.	Смолянинова Евгения Александровна

В индивидуальном первенстве победителем олимпиады по специальности **НИВиЭ** признан студент 5 курса УрФУ, занявший 1 место, Федоров Евгений Викторович,

и призерами, занявшими:

2 место – Проников Иван Андреевич, студент 5 курса УрФУ,

3-4 место – разделили студентка 5 курса УрФУ Полыгалова Мария Федоровна и студент 5 курса УрФУ Бойкачев Евгений Дмитриевич.

Итоги научно-практической конференции

Традиционно в эти же сроки проводится *Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»*.

В конференции в ноябре 2010 г., кроме вузов-участников олимпиады, выступили с докладами представители вузов:

- 1) Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург;
- 2) РГППУ, г. Екатеринбург,
- 3) Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург.

К нам приехали более 50 представителей из 7 вузов России. На пленарном заседании и трех секциях конференции заслушано более 60 докладов. Всего в сборнике материалов олимпиады и конференции объемом 440 страниц опубликовано более 180 докладов.

Среди авторов докладов студенты, аспиранты и молодые ученые из вузов, академических институтов и научно-производственных организаций:

- 1) ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»;
- 2) Национальный исследовательский Томский политехнический университет;
- 3) ООО «Уральский центр энергосбережения и экологии»;
- 4) ОАО «ПО «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С. Яламова»;
- 5) Орский гуманитарно-технологический институт;
- 6) Уральский государственный горный университет;
- 7) Ижевский государственный технический университет;
- 8) Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ) г. Владикавказ, РСО-Алания;
- 9) Тольяттинский государственный университет;
- 10) Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет
- 11) Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет;
- 12) Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет);
- 13) Ульяновский государственный технический университет;
- 14) Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин);
- 15) Читинский государственный университет;
- 16) ОАО «Уральский институт металлов»;
- 17) ФГУП «НПО автоматики имени Н.А.Семихатова»;
- 18) Институт физики металлов УрО РАН;
- 19) Институт химии твердого тела УрО РАН;
- 20) Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН.

За лучшие доклады на *Пленарном заседании и на секции «Энергосбережение»* отмечены:

Поз.	Ф.И.О. докладчика	Вуз	Название доклада
<i>Пленарное заседание</i>			
1.	<i>Трубицын К.В., Архипов П.А.</i>	<i>Самарский государственный технический университет</i>	Формирование кадрового резерва предприятий теплоэнергетики России. Роль высших учебных заведений
<i>Секция «Энергосбережение»</i>			
2.	<i>Иконников И.С.</i>	<i>УрФУ ТЭФ, ПТЭ</i>	Мини-ТЭЦ на базе двухзонного угольного газогенератора с псевдоожиженным слоем
3.	<i>Иванов Д.А.</i>	<i>Магнитогорский государственный технический университет</i>	Разработка энергосберегающих режимов нагрева заготовок в целевой печи
4.	<i>Петухов Д.В.</i>	<i>Вятский государственный университет</i>	Применение газопаровых технологий для повышения эффективности комбинированной выработки тепловой и электрической энергии
5.	<i>Чекалкин С.М.</i>	<i>УрФУ ТЭФ, ТЭС</i>	К вопросу о стратегии преобразования систем теплоснабжения малых городов
6.	<i>Баев В.Р.</i>	<i>Вятский государственный университет</i>	Эффективность подключения дополнительной тепловой нагрузки при работе теплофикационных паровых турбин по электрическому графику
7.	<i>Акулич Елена Викторовна</i>	<i>УрФУ, СтФ</i>	Снижение металлоёмкости систем дежурного отопления
8.	<i>Тычкова О.С., Самохин П.А., Кузьмина Е.В.</i>	<i>Южно-Уральский государственный университет</i>	Исследование и разработка энергосберегающих симметричных компенсированных выпрямительных агрегатов для систем электроснабжения электрического транспорта
9.	<i>Омарова Е.С., Запорожец Е.П., Коробейщикова Д.С.</i>	<i>Южно-Уральский государственный университет</i>	Исследование энергоэффективных способов управления компенсированными выпрямительными агрегатами электрического транспорта
10.	<i>Осипов А.Г.</i>	<i>Южно-Уральский государственный университет</i>	Энергоэффективный выпрямительный агрегат с векторным регулированием выходных параметров
11.	<i>Гиззатуллин Д.В.</i>	<i>Южно-Уральский государственный университет</i>	Результаты физического моделирования выпрямительных агрегатов с векторным управлением на основе АИН с ШИМ
<i>Поощрительные дипломы</i>			
12.	<i>Охорзина Е.С.</i>	<i>Вятский государственный университет</i>	Сравнительный анализ различных методов расчета показателей эффективности работы ТЭЦ
13.	<i>Яковлев В.А.</i>	<i>СПбГАСУ</i>	Усовершенствование методики расчёта целевых газогорелочных устройств при помощи ЭВМ

14.	Чумаченко А.Ю.	<i>РГППУ</i>	Лабораторный комплекс для обучения в области энергосбережения
15.	Сенокосов М.С.	<i>УрФУ ММФ, ЭтФ</i>	Разработка программы расчета каскадов измерительных усилителей на транзисторах

За лучшие доклады на секции «Ресурсосбережение» отмечены:

Поз.	Ф.И.О. докладчика	Вуз	Название доклада
1.	Тарасова С.А.	<i>Уральский государственный лесотехнический университет</i>	Ингибиторы солеотложений и коррозии для высокоминерализованных вод
2.	Татарина Т.В.	<i>Ивановский государственный энергетический университет</i>	Исследование точности задач нагрева с граничными условиями 1 рода в пакете ANSYS
3.	Федосеев С.В.	<i>Ивановский государственный энергетический университет</i>	Исследование фрактальных геометрических структур для описания слоя ТБО в пакете ANSYS FLUENT
4.	Ахмадышина В.Р.	<i>УрФУ ХТФ</i>	Ресурсосбережение в процессе получения монокристалла натрия
5.	Васюцкая Я.О.	<i>УрФУ ФСМ</i>	Исследование возможности использования отходов промышленности в производстве стеклянной декоративной плитки
6.	Зыбина Е.С.	<i>УрФУ ФСМ</i>	Влияние состава зол и режима сжигания угля на термическую активацию зол ТЭС
7.	Оглезнев А.Ю.	<i>УрФУ ФСМ</i>	Исследование легкоплавкой глины для производства строительного кирпича
Поощрительные дипломы			
8.	Никитин М.Н.	<i>Самарский государственный технический университет</i>	Зависимость термодинамических параметров многокомпонентных теплоносителей от их состава
9.	Коробейников Л.А.	<i>УрФУ ФСМ</i>	Облегченный бетон на базе сталеплавильных шлаков
10.	Крючкова К.В.	<i>УрФУ ФСМ</i>	Каскадная печь в технологии цемента
11.	Баклюк М.В.	<i>УрФУ ХТФ</i>	Исследование процесса нейтрализации фторангидрида различного фракционного состава

За лучшие доклады на секции «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Малая энергетика» отмечены:

Поз	Ф.И.О. докладчика	Вуз	Название доклада
1.	Усова Г.И. (асп.)	<i>УрФУ ТЭФ</i>	Использование местного топлива для энергообеспечения поселка
2.	Завьялов А.С.	<i>УрФУ ТЭФ</i>	Разработка схемы для LED-светильников на основе отечественной элементной базы
3.	Крюков А.А.(асп.)	<i>СПбГАСУ</i>	Использование осадков сточных вод для производства органического топлива

4.	<i>Климова .А.(асп.)</i>	<i>УрФУ ТЭФ</i>	Атомная станция дальнего теплоснабжения на базе конверсии метана
5.	<i>Парёхина И.В.</i>	<i>Московский энергетический институт (ТУ)</i>	Возможности альтернативного применения насоса теплового действия в контуре геотермальной электростанции
6.	<i>Ляпкало А.С.</i>	<i>Южно-Уральский гос. университет</i>	О возможности повышения КПД солнечных батарей при воздействии на них наносекундными электромагнитными импульсами
Поощрительные дипломы			
7.	<i>Андреева Т.А.</i>	<i>УрФУ, ТЭФ</i>	Технико-экономический анализ замены люминесцентного освещения на светодиодное с использованием солнечных ФЭП
8.	<i>Четошников С.А.</i>	<i>Южно-Уральский гос университет</i>	Расчет фотоэлектрической системы для загородного дома
9.	<i>Осипова Е.Ю.</i>	<i>УрФУ, ТЭФ</i>	Гирляндная ВЭУ роторного типа
10.	<i>Макарова Д.Н.</i>	<i>УрФУ, ЭтФ</i>	Утилизация углекислого газа на основе жизнедеятельности хлореллы
11.	<i>Барабанова Ю.А. (асп.)</i>	<i>УрФУ, ТЭФ</i>	Расчет энергетической составляющей использования ТБО
12.	<i>Серкова Е.В.</i>	<i>УрФУ, ТЭФ</i>	Энергонезависимый охранный комплекс
13.	<i>Абдуллин Р. Р.</i>	<i>УрФУ, ТЭФ</i>	Вихревые теплогенераторы

Все победители и призеры получили дипломы оргкомитета, а также книгу Заслуженного энергетика, «Патриарха энергосбережения» Я.М. Щелокова «Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Энергетические проблемы энергоемких производств». УрФУ, 2010. 390 с., выпущенную специально к проводимым мероприятиям. Участники олимпиады и научно-практической конференции получили свидетельства участников.

Выставка научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых

В период 15-17 декабря 2010 г. в рамках Форума «Энерго-ПромЭкспо 2010» проведена выставка научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

В соответствии с решением экспертной комиссии по подведению итогов Всероссийской выставки научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых

1. Награждены медалями Всероссийского форума «Энерго-ПромЭкспо 2010» следующие работы студентов, аспирантов и молодых ученых УрФУ

Поз.	Авторы работы	Факультет	Название работы	Руководители
1	Проников И.А.	ТЭФ	Двигатели Стирлинга в возобновляемой энергетике	Попов А.И., Щеклеин С.Е.
2	Морозов Антон Юрьевич	СтФ	Энергосберегающая конструкция укрытия агломашины	Толстова Ю.И.
3	Чистякова Татьяна Сергеевна, Медведева Дарья Сергеевна, Агеева Елена Сергеевна	Институт ХТТ УрО РАН ФСМ УрФУ	Серобетон – новый строительный материал	Васильев В.Г., Владимирова Е.В., Герасимова Е.С.
4	Осипова Е.Ю.	ТЭФ	За комплекс установок по возобновляемой энергетике	Попов А.И.

Также отмечен медалью Форума коллектив кафедры «Турбины и двигатели» теплоэнергетического факультета УрФУ за комплекс учебно-методической и научной литературы по теплообменникам энергетических установок, руководитель Бродов Ю.М., отв. исп. - молодой ученый и преподаватель Хае С.И.

2. Награждены дипломами Всероссийского форума «Энерго-ПромЭкспо 2010» следующие работы студентов, аспирантов и молодых ученых

Поз.	Авторы работы	Факультет	Название работы	Руководители
1	Трошина М.Д., студент	СтФ	«Испытательный комплекс для разработки нагревательных приборов нового поколения»	Ширяева Нина Павловна
2	Быков Р.А., Морозов А.А., Акулич Е.В., Трошина М.Д., Костылева Е.С., Трошина М., студенты	СтФ	«Реконструкция систем отопления 10-го студенческого корпуса УрФУ»	Ширяева Нина Павловна
3	Шабалтун К.П., Харитонов Т. В., Акулич Е.В., студенты	СтФ	«Повышение энергоэффективности систем отопления»	Толстова Юлия Исааковна
4	Браяловский Георгий Борисович, аспирант строительного факультета	СтФ	«Энергоэффективная установка для очистки природных и сточных вод»	Мигалатий Евгений Васильевич
5	Ан Александр Владимирович, Хаит Анатолий Вильич, аспиранты	СтФ	«Холодильно-нагревательные устройства на базе вихревой трубы»	Носков Александр Семенович

6	Чистякова Е.К., Обухова Е.Е., Сумина Е.А., Шонохова А.А., Фролова М.М., студенты	ФСМ	«Стеклянная художествен- ная плитка»	Власова Светлана Геннадьевна
7	Тарабухина О.Г., студент и Рыжкова И.В., ассистент	ФСМ	«Безобжиговый зольный гравий для конструкционных бетонов»	Капустин Федор Леонидович
8	Григорьев М.А., Чипуштанова А.М., студенты	ФСМ	«Покровная эмаль для чугу- на с добавками отходов про- мышленности»	Власова Светлана Геннадьевна
9	Мананкова Е.С., студент	ФСМ	«Силикатные краски на ос- нове жидкого калиевого стекла»	Власова Светлана Геннадьевна
10	Крючкова К.В., студент	ФСМ	«Каскадная печь в техноло- гии цемента»	Фетисов Борис Алексеевич
11	Андреева Т.А., Завьялов А.С., студенты	ТЭФ	за пропаганду светодиодного освещения	Велькин В.И.
12	Чернов Д.В., студент	ТЭФ	«Перспективы использова- ния солнечной энергии для транспортной установки ди- рижабля»	Велькин В.И., Щекле- ин С.Е., Гор- ский С.Н.
13	Яковлев А.О., студент	ТЭФ	«Тепловой аккумулятор для автомобиля»	Велькин В.И., Щекле- ин С.Е.
14	Дурицкий М.В. студент	ТЭФ	за комплекс разработок по возобновляемой энергетике	Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.
15	Владимирова Ю.А., студент, Барабанова Ю.А., аспирант	ТЭФ	«Пилотный проект: исполь- зование метана на Широко- реченском полигоне ТБО»	Немихин Ю.Е.
16	Гладилов И.А., студент, Арбузова Е.В. аспирант	ТЭФ	«Энергонезависимая система обеззараживания стоков жи- вотноводческих хозяйств»	Щеклеин С.Е.
17	Федоров Е.В., студент	ТЭФ	«Регулирование числа обо- ротов ковшовой турбины»	Акифьева Н.Н.
18	Полежаев М.В., студент	ТЭФ	за разработку комплекса ус- тановок по возобновляемой энергетике	Попов А.И.
19	Станилевич М.А., молодой специалист	ТЭФ	«Энергоустановка с ленточ- но-винтовым (шнековым) ротором»	Тимофеев В.М., Щек- леин С.Е.
20	Якимов Ю.А., аспирант	ТЭФ	«Карусельно-лепестковый ветрогенератор»	Якимов А.И., Попов А.И.
21	Голунов А.А., студент	ТЭФ	«Переносная парусная вет- роэлектростанция»	Волков А.А., Колпаков Александр Сергеевич

Также отмечен Дипломом Форума коллектив кафедры теплогазоснабжения и вентиляции строительного факультета за учебно-методический комплекс дисциплины по направлению «Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции», авторы: Ширяева Н.П., Михайлишин Е.В., Толстова Ю.И.

3. Отмечены свидетельства участника Всероссийской выставки научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» следующих студентов, аспирантов и молодых ученых

Поз.	Авторы работы	Факультет	Руководители
1	Зыбина Е.С., студент	ФСМ	Уфимцев Владислав Михайлович
2	Коробейников Л.А., студент	ФСМ	
3	Костерин А.Н., Ворсин В.А., студенты	ФСМ	
4	Толкачева А.С., студент	ФСМ	Павлова Ирина Аркадьевна
5	Туканова Е.В., студент	ФСМ	Лазуткина Ольга Рюриковна
6	Гныра Д., студент	ТЭФ	Велькин В.И., Пахалуев В.М.
7	Закирьянов Л.Р., студент	ТЭФ	Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.
8	Семенов М.Ю., Ковин И.В., студенты	ТЭФ	Ташлыков О.Л.
9	Яшин И., Идриев Р.Т., студенты	ТЭФ	Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е.
10	Полыгалова М.Ф., студент	ТЭФ	Попов А.И., Щеклеин С.Е.
11	Бугуев А.В., студент	ТЭФ	
12	Раков О.А., ст. преподаватель	ТЭФ, ЭПК УрФУ	Баскаков Альберт Павлович, Мунц Владимир Александрович; Маркин Николай Егорович, Еремеев Владимир Петрович
13	Карлина М., студент	СтФ	Морозов Антон Юрьевич
14	Катькало М.О., Мовчан Л.А., студенты	СтФ	Булавина Л.В., Рябоконь Л.И.

Работа организаторов проведения Форума и выставки от УрФУ отмечена девятью благодарственными письмами Министра энергетики и ЖКХ Свердловской области Ю.П.Шевелева.

Для награждения авторов лучших работ, представленных на выставке, оргкомитетом была подготовлена специально выпущенная книга коллектива авторов, возглавляемого заведующим кафедрой «Энергосбережение» УрФУ, д-ром экон. наук, проф. Н.И. Даниловым «Золотое сечение: Природа. Экономика. Энергетика» / Н.И. Данилов, Е.А. Королев, Я.М. Щелоков. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 148 с.

Информация об этих мероприятиях находится на сайте УрФУ <http://www.ustu.ru>, а также на сайте компании «СоюзПромЭкспо» <http://www.souzpromexpo.ru/energo10>.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ – БАЗА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ

Ануфриева Ю.В., Ануфриев В.П.

Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО (У) МИД РФ

Высшая школа экономики и менеджмента УрФУ

mail@ucee.ru

Что такое низкоуглеродная экономика, или зеленая экономика, как ее называют в развитых странах? Это экономика рационального потребления ископаемого углеводородного топлива и, как следствие снижения выбросов вредных веществ и парниковых газов (ПГ) [1].

Переход к низкоуглеродной экономике означает проведение активной политики энергоэффективности, но с учетом экологической и климатической составляющих. Можно говорить о синергетическом эффекте энергосбережения, который сегодня не реализуется. Речь не идет о вытеснении ископаемых видов топлива, а лишь об оптимизации топливного баланса (как можно более широкой замене истощающихся запасов углеводородов местными видами топлива, вторичными энергоресурсами и возобновляемыми источниками энергии). На рисунке [2] показано, что при снижении потребления топливно-энергетических ресурсов создается возможность получения углеродных инвестиций за счет сокращения эмиссий парниковых газов и предотвращенный экологический за эффект за счет снижения выбросов вредных веществ.

Неоднозначным, по мнению авторов, будет для российских компаний и вступление в ВТО. С одной стороны, с вступлением в ВТО для отечественных предприятий появятся возможности выбора между российским или иностранным банком при финансировании энергоэффективных проектов. С другой стороны, на рынке ВТО зеленый имидж и углеродный след компании станут одними из показателей конкурентоспособности. К чему отечественные предприятия явно не готовы, как показывает опыт с гражданской авиацией. На очереди морское судоходство и предприятия тех секторов промышленности, которые пользуются его услугами. Россия, не участвующая в киотском механизме торговли квотами, может создать свои собственные национальные рыночные механизмы торговли углеродными квотами и без нового международного климатического соглашения. Существует возможность создания регионального углеродного рынка, также в рамках Таможенного союза и Единого экономического пространства. Интересны и так называемые механизмы добровольной торговли выбросами. Они тоже могут существовать в отсутствии климатического соглашения. «Наша структура экономики и ее масштаб, киотский опыт позволят реализовывать национальный потенциал сокращения антропогенных выбросов и вне рамок международного соглашения», – сказал советник президента РФ по вопросам изменения климата Александр Бедрицкий. Он привел пример таких стран, как США, Канада и Австралия, где национальные системы торговли выбросами используются для повышения конкурентоспособности экономики. Планируют введение внутренней торговли квотами на выбросы парниковых газов такие страны, как Китай и Индия.



Синергетический эффект энергосбережения

О серьезности подхода к углеродоемкой продукции в мире говорят разрабатываемые международные стандарты ISO. В качестве примера можно привести стандарты по эмиссиям парниковых газов серии ISO 14000, разрабатываемые группой TC 207/SC 7 «Менеджмент парниковых газов и соответствующая деятельность» [3]. В настоящее время на разных стадиях рассмотрения и принятия находятся следующие стандарты:

- ✓ ISO 14064-1:2006 ПГ. Часть 1. Технические требования и руководство для организаций по определению количества и отчетности об эмиссии парниковых газов и их удалении (стадия 90.93 – Подтверждение действия международного стандарта).
- ✓ ISO 14064-2:2006 ПГ. Часть 2. Технические требования и руководство для проектировщиков по определению количества, мониторингу и отчетности о сокращении эмиссии парниковых газов и удалении превышенного количества (стадия 90.93).
- ✓ ISO/CD 14067 ПГ. Углеродный след продукции – требования и руководства по количественной оценке и коммуникации (стадия 30.20 – Начало изучения и голосования по проекту).
- ✓ ISO/WD TR 14069 Парниковые газы – Количественная оценка и отчетность по выбросам парниковых газов для организаций – руководство по применению стандарта ISO 14064-1 комитета (20.20 – Начало изучения рабочего проекта).

Таким образом, низкоуглеродная экономика невозможна без реализации новых энергоэффективных решений с обязательным учетом фактора углеродоемкости.

Библиографический список

1. Ануфриев В.П. Низкоуглеродная стратегия как инструмент устойчивого развития // Система управления экологической безопасности. Екатеринбург: УрФУ, 2010. Т. 1. С. 43-47.
2. Ануфриев В.П. Энергосбережение – проблема комплексная // Академия Энергетики. Ноябрь 2010. № 5. С. 39-42.
3. РФ может создать углеродный рынок без нового соглашения по климату [Электронный ресурс]: URL: <http://eco.ran.ru/business/20110421/366772880.html>

ПЕЛЛЕТНЫЕ КОТЛЫ – АЛЬТЕРНАТИВА КОТЛАМ НА ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

*Архипова И. Г., Бадретдинова Р. Р., Диденко Е.С., Давлетова Л. Р.,
Ильясова Л. Н., Вахитова Р. И.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Хотя газ и считается в России наиболее дешевым топливом, судя по всему, положение в ближайшем будущем изменится. Под давлением зарубежных партнеров Правительство России медленно, но верно поднимает цены на газ на внутреннем рынке.

При строительстве в отдаленных от газопроводов районах стоит задуматься – подводить газопровод или есть более дешевое решение.

Одно из наиболее оптимальных решений – пеллетные котлы.

Пеллетные котлы – относительно новый вид отопительного оборудования, быстро ставший популярным в Европе благодаря особым достоинствам. Они обеспечивают своим владельцам независимость от централизованных источников тепла и, следовательно, освобождают их от забот, связанных с оплатой по растущим тарифным ставкам.

Пеллетные котлы легко подключаются к любым видам отопительных систем: к теплым полам, конвекторам, радиаторам, калориферам или теплообменникам. Их можно комбинировать с солнечными коллекторами, тепловыми насосами и другими видами отопительных котлов. Они устанавливаются в специальном помещении, расположенном на первом этаже, в подвале дома или в отдельно расположенном сооружении и предназначены для отопления всего здания и обеспечения дома горячим водоснабжением.

КПД специализированных котлов на пеллетах составляет 85-97 %, что соответствует уровню газовых и жидкотопливных котлов и во многом зависит от используемой технологии сжигания пеллет.

Мощность пеллетных котлов, устанавливаемых, как правило, в коттеджах, составляет от 15 до 100 кВт.

Нижняя граница предлагаемых мощностей определяется в основном экономической целесообразностью (в помещениях, где для отопления требуется оборудование мощностью менее 15 кВт, выгоднее применять пеллетные камины). Некоторые производители предлагают пеллетный котел большой мощности (до 2 МВт) для отопления многоквартирных домов, промышленных объектов, гостиниц, саун, бассейнов и т. п.

Пеллетные котлы обладают рядом преимуществ: автоматическая работа котла от 3 до 10 дней и дольше, не требуется постоянный обслуживающий персонал, легко доступное топливо, прессованная структура пеллет способствует удобному хранению и перевозке. Продолжительность работы котла без повторной загрузки топлива – до одного месяца и более за счет установки бункера для хранения древесных пеллет с месячным запасом.

На сегодняшний день, по разным оценкам, в России производится в год до 700 тысяч тонн пеллет, 95-98 % которых идет на экспорт. Ориентация на экспорт обусловлена высоким спросом на пеллеты в европейских странах, а также невысокими операционными расходами на их реализацию.

Вопрос, наиболее часто задаваемый потенциальными потребителями, – что делать, если во время функционирования отопительных котлов на древесных гранулах исчезнет напряжение в сети? В этом отношении, твердотопливные котлы на пеллетах – самые безопасные и эффективные. При исчезновении пламени в горелке исключены возможные трагические последствия (утечки топлива не произойдет, как, например, это может быть с газом).

С экологической точки зрения, отопление на пеллетах не наносит вреда окружающей среде, и также атмосфере отапливаемого дома.

Стабильное ценообразование пеллетного топлива гарантировано высокой конкуренцией среди производителей, обилием деревообрабатывающих производств и большими лесными запасами нашей страны.

Авторами рассмотрена возможность установки пеллетного котла в «Детско-юношеской спортивной школе по конному спорту АМР РТ» вместо электрических котлов.

БЕСТОПЛИВНЫЙ ВАРИАНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА НА ГАЗОПРОВОДЕ

Афанасьев К.Ю., Молодежникова Л.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: afalina1@sibmail.com

В последние годы в Европейских странах неуклонно растет применение теплонасосных установок в различных отраслях промышленности и домохозяйствах. При этом в России использование тепловых насосов (ТН) отстает в силу дороговизны установок, покупку которых большинство предприятий не могут себе позволить.

В данной работе будет рассмотрена возможность применения тепловых насосов для подогрева газа перед детандер-генераторными агрегатами (ДГА), что позволит обойтись без сжигания топлива, а энергию, полученную на ДГА, частично использовать для привода ТН.

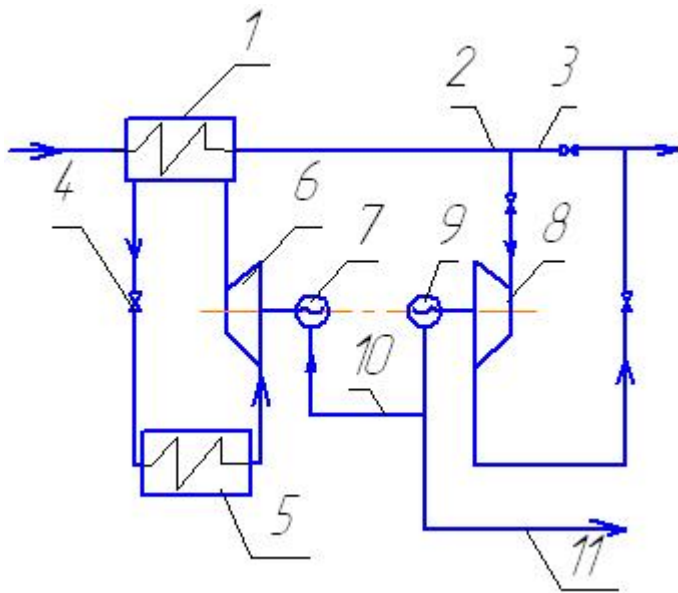
По данным Госкомстата РФ, в 2010 г. протяженность газопроводов России составляла более 160000 км. При этом на транспортировку природного газа расходуются миллионы кВт энергии ежегодно. Эта энергия тратится на создание давления, необходимого для перекачки газа на большие расстояния, но конечному потребителю уже не нужны столь высокие значения давления, дохо-

дающие до 5-7 МПа. В результате перед поступлением газа потребителю приходится снижать его давление на газораспределительных станциях (ГРС) и газораспределительных пунктах (ГРП) путем обычного дросселирования, а значит, энергия, переданная в процессе транспортировки, не будет полезно использована.

Для решения данной проблемы предлагается использовать детандер-генераторные агрегаты. Детандер-генераторный агрегат представляет собой устройство, в котором энергия потока транспортируемого природного газа преобразуется сначала в механическую энергию в детандере, а затем в электрическую энергию в генераторе. Основными составными частями ДГА являются детандер, электрический генератор, теплообменники подогрева газа, регулирующая и запорная арматура, система КИП и автоматики [1].

При анализе стандартной схемы использования ДГА возникает вопрос, который заключается в том, что при понижении давления газа его температура уменьшается ниже нормы, а значит, газ предварительно нужно нагревать за счет сжигания топлива. Это приводит к загрязнению окружающей среды и уменьшению объемов транспортируемого газа.

В данной ситуации для нагрева газа перед ДГА возможно применение теплового насоса. При таком техническом решении для обеспечения нормальной работы ДГА используется лишь низкопотенциальная энергия и не требуется сжигания топлива. В качестве источника низкопотенциальной энергии при этом могут быть использованы вторичные энергетические ресурсы или теплота окружающей среды [1].



Принципиальная схема установки ДГА в комплексе с тепловым насосом приведена на рисунке. Принцип работы установки можно описать следующим образом. Газ высокого давления поступает в конденсатор 1 теплового насоса, где за счет конденсации хладагента, он нагревается и, проходя через детандер 8, поступает в трубопровод низкого давления 3. Механическая энергия, полученная в детандере, преобразуется в

электрогенераторе 9 в электрическую энергию, которая впоследствии может быть использована для привода двигателя теплового насоса 7, а также для других нужд персонала газораспределительной станции и внешних потребителей. При этом возможно направить избыточную электрическую энергию и для производства дополнительной тепловой, которая сможет найти применение для дополнительного подогрева газа или для систем отопления и ГВС газораспределительной станции.

К минусам предложенной схемы можно отнести ее стоимость. В настоящее время в России даже обычные ДГА на газопроводах встречаются редко, но при дальнейшем ведении политики энерго- и ресурсосбережения, росте цен на электроэнергию и природный газ, а также развитии производства тепловых насосов использование бестопливных установок на базе ДГА позволит получить выгодный надежный независимый, а также экологически чистый источник тепловой и электрической энергии.

Библиографический список

1. Агабабов В.С. Бестопливные установки для производства электроэнергии, теплоты и холода на базе детандер-генераторных агрегатов // Новости теплоснабжения. 2009. № 1.
2. Способ работы детандерной установки и устройство для его осуществления: Пат. 2150641 Рос. Федерация / Агабабов В.С. Опубл. 10.06.2000. Бюл. № 16; приоритет от 15.06.99.
3. Андриющенко А.А. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок. М.: Высш. шк., 1985. 319 с.

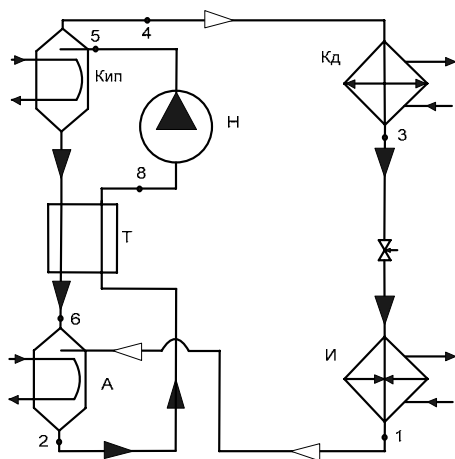
ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Баев В.Р., Суворов Д.М.
Вятский государственный университет, г. Киров
e-mail: dmilar@mail.ru*

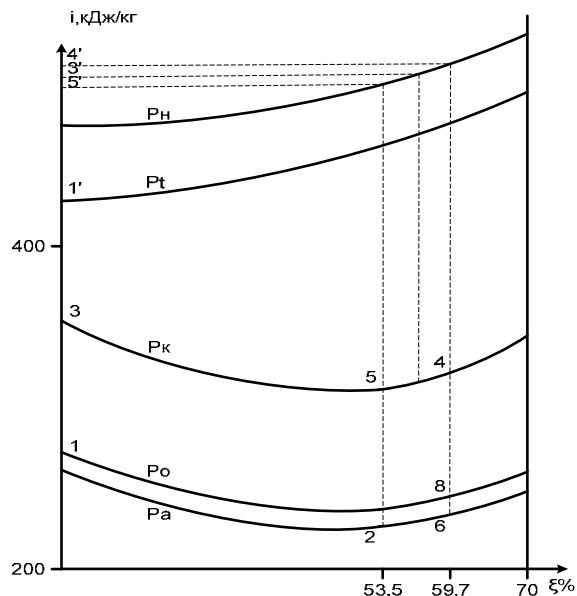
В большинстве регионов России основным источником энергии для теплоснабжения являются ТЭЦ, поэтому получение теплоты с помощью парокомпрессионных электроприводных тепловых насосов на низкопотенциальных холодных источниках теплоты экономически нецелесообразно – не достигается экономия топлива. Вот почему наиболее перспективным для российских широт является абсорбционный класс машин.

Процессы переноса теплоты в таких машинах совершаются с помощью совмещенных прямого и обратного термодинамического циклов, в отличие от парокомпрессионных тепловых насосов (ТН), в которых рабочее тело (хладон) совершает только обратный термодинамический цикл. В мировой практике используют преимущественно солевые ТН абсорбционного типа.

В данной работе рассчитан частный случай работы абсорбционного теплового насоса (АБТН) на систему отопления. Приводится пример теоретического расчета по ξ , i – диаграмме Розенфельда для раствора $H_2O + LiBr$ (абсорбент не обладает собственным парциальным давлением).



А – абсорбер
Н – насос
Кип – кипятыльник
Кд – конденсатор
И - испаритель



Узловые точки абсорбционной бромистолитиевой машины в ξ, i – диаграмме.

На рисунке слева представлена схема установки, справа – параметры процесса в указанных узловых точках на ξ, i – диаграмме. Параметры рабочего тела в этих точках представлены в таблице. Установка работает на частичный подогрев холодной воды для отопления и ГВС, остальной подогрев (до требуемой по тепловому графику температуры) осуществляется в котле. Температура воды: охлаждающей 20 °С, греющей 80 °С и охлажденной в цикле 5 °С. Принято: температура конденсации $t_k=30$ °С; температура слабого раствора (по бромистому литию) раствора, выходящего из абсорбера $t_2 = 28$ °С; высшая температура кипения крепкого раствора (по бромистому литию) $t_4 = 70$ °С.

При давлении $p_k = 31,8$ мм рт. ст. температура насыщения составляет 30 °С. Температура водяного пара $t'_3 = \frac{t_4 + t_5}{2} = 64^\circ \text{C}$, т.е. на изобарах p_k значения энтальпии соответствуют перегретому пару воды. Кратность циркуляции (по бромистому литию) $f = \frac{o_r}{o_r - o_a} = \frac{0,597}{0,597 - 0,535} = 9,63$ кг / кг. Тепловая нагрузка на теплообменник $q_{mo} = (f - 1) \cdot (i_2 - i'_3) = (9,63 - 1) \cdot (321,4 - 264,0) = 495,4$ кДж/кг.

Состояние вещества в точках	t, °С	p, мм рт. ст.	Концентрация по бромистому литию, %	Энтальпия, кДж/кг
Вода после испарителя (точка – 1)	5,0	6,55	0	440,1
Вода после конденсатора (точка – 3)	30,0	31,8	0	544,8
Слабый раствор, выходящий из абсорбера (точка – 2)	28,0	6,0	53,5	240,1
Крепкий раствор, выходящий из кипятыльника (точка – 4)	70,0	31,8	59,7	321,4

Состояние вещества в точках	t, °C	p, мм рт. ст.	Концентрация по бромистому литию, %	Энтальпия, кДж/кг
Раствор в начале кипения в кипятильнике (точка – 5)	58,0	31,8	53,5	302,5
Раствор в начале поглощения в абсорбере (точка – 6)	38,0	6,0	59,7	261,0
Крепкий раствор выходящий из теплообменника (точка – 8)	40,0	-	59,7	264,0
Пар, равновесный жидкости в испарителе (точка – 1')	5,0	6,55	0	2931,0
Пар, равновесный раствору в кипятильнике (точка – 5')	64,0	31,8	0	3040,3

Энтальпия слабого раствора на выходе из теплообменника равна

$$i_1 = i_2 + \frac{q_{mo}}{f} = 240,9 + \frac{495,4}{9,63} = 288,3 \text{ кДж / кг.}$$

Тепло, подведенное в кипятильник,

$$q_{kn} = i'_3 + (f - 1) \cdot i_4 - f \cdot i_1 = 3040,3 + (9,63 - 1) \cdot 321,4 - 9,63 \cdot 292,5 = 2997,9 \text{ кДж/кг.}$$

Тепло, отведенное в конденсаторе,

$$q_k = i'_3 - i_4 = 3040,3 - 544,8 = 2495,5 \text{ кДж/кг.}$$

Тепло, отведенное в абсорбере,

$$q_{ao} = i'_1 + (f - 1) \cdot i_8 - f \cdot i_2 = 2931,0 + (9,63 - 1) \cdot 264,0 - 9,63 \cdot 241,0 = 2889,0 \text{ кДж/кг.}$$

Холодопроизводительность установки составляет

$$q_o = i'_1 - i_3 = 2931,0 - 544,8 = 2386,2 = 2386,2 \text{ кДж/кг.}$$

Суммарное отведенное тепло

$$q_k + q_{ao} = 2495,6 + 2889,0 = 5384,6 \text{ кДж/кг.}$$

Теоретический тепловой коэффициент

$$o_1 = \frac{q_o}{q_{kn}} = \frac{2386,2}{2997,9} = 0,795.$$

КПД по выработке тепловой энергии (теплонасосный коэффициент) равен

$$\eta_1 = \frac{q_k + q_{ao}}{q_{kn}} = 1 + o_1 = 1,795.$$

В сравнении с идеальным котлом ($\eta_i=1$), идеальный цикл АБТН при данных условиях дает удельную экономии теплоты топлива $\Delta B = 1 - 1,795^{-1} = 0,443$, при этом мы получаем воду, нагретую до 38°C. Одновременно мы получаем поток холода, который может быть использован в производстве или в общих системах кондиционирования либо отведен в окружающую среду.

Широкое распространение производства АБТН за рубежом объясняется высокими потребительскими качествами: экологическая чистота, минимальное потребление энергии, бесшумность работы, длительный срок службы. Все процессы протекают под вакуумом, что исключает попадание вещества во внешние теплоносители и окружающую среду.

АБТН всех типов по сравнению с котлом имеют удельный расход топлива на 35-50 % ниже, что означает эффективность использования топлива в 1,5–2,0 раза выше, чем в котле.

В докладе на конференции будут представлены также результаты расчетов энергетической эффективности АБТН при более высоких температурах горячего источника и при температурах нагретой воды, подаваемой в систему теплоснабжения, от 50 до 70 °С.

О ВОЗМОЖНОСТИ КОГЕНЕРАЦИИ В ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЕЛЬНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХЛАДАГЕНТА В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ТЕЛА

*Бадретдинова Р.Р., Осипова Д.Н.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

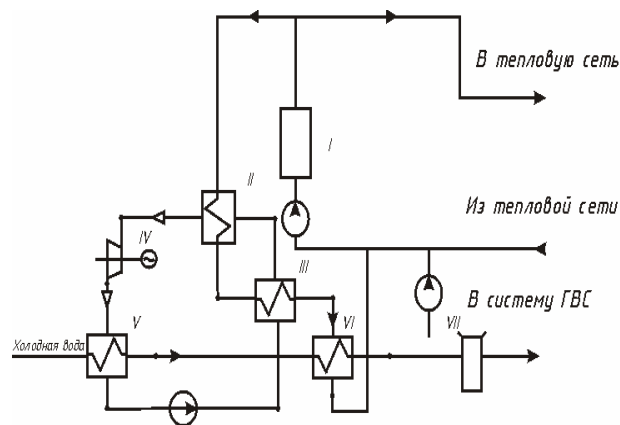
Опыт эксплуатации российских систем теплоснабжения в зимних условиях показывает, что нередко случаи нарушения электроснабжения источников тепла. Решением данной проблемы является организация собственного производства электрической энергии в водогрейной котельной, используя в качестве рабочего тела низкокипящее вещество, которое в дальнейшем будем называть «хладагент».

Предлагаемая концепция направлена на решение нескольких задач, в том числе:

1. повышение управляемости электроэнергетикой;
2. ослабление влияния монополиста ОАО «Татэнерго»;
3. снижение затрат на выработку тепловой энергии;
4. энергосбережение.

Объектом исследования выступила котельная АТП АТЭЦ ООО «Тепло-Энергосервис», г. Альметьевск, в которой установлены 3 котла финского производства марки «Финрейла» FW 7-4 мощностью 7 МВт каждый. Расчетная температура сетевой воды на выходе из котлов составляет 115 °С. Суммарная потребляемая мощность – 230 кВт в отопительный период и до 105 кВт летом. Предлагается тепловая схема, представленная на рисунке, с интегрированной установкой по производству электроэнергии для котельной.

Часть теплоносителя на выходе из водогрейного котла отбирается и, последовательно проходя через испаритель и подогреватель агента, обеспечивает получение его в виде пара с параметрами, достаточными для использования в качестве рабочего тела в тепловом двигателе ТГ-250, соединенным с электрогенератором. После завершения процесса расширения отработанный пар поступает в теплообменник-конденсатор, где теплота конденсации утилизируется потоком холодной воды, идущей в установку ХВО или через дополнительный подогреватель и бак-аккумулятор в систему подачи воды на нужды ГВС. Рабочим телом в предлагаемой схеме выступает хладон R600.



I – Водогрейный котел; II – Испаритель; III – подогреватель; IV – тепловой двигатель; V – теплообменник-конденсатор; VI – дополнительный подогреватель; VII – бак-аккумулятор.

Тепловая схема с интегрированной установкой по производству электроэнергии для котельной

Согласно проведенному расчету технико-экономических показателей, срок окупаемости проекта составляет 3,3 года.

Таким образом, организация собственного производства электрической энергии в водогрейной котельной АТП АТЭЦ, используя в качестве рабочего тела низкокипящее вещество в тепловом двигателе ТГ-250, позволит:

- повысить надежность работы водогрейной котельной;
- снизить себестоимость 1 Гкал тепловой энергии на 82 руб.;
- улучшить экономические показатели котельной вследствие отказа от покупной электроэнергии.

ДВУХЧАСТОТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

*Баландин С.Ю., Чертовиков А.В., Лопатин И.Е., Шипицын В.В.
УрФУ, E-mail: songoku_86@mail.ru*

Плавка металла двумя частотами является достаточно эффективной, при этом высокая частота используется для нагрева, а низкая частота для перемешивания расплава [1].

На рис. 1 изображена компьютерная модель двухчастотного преобразовательного устройства. Эта модель содержит источник питания постоянного напряжения (U), систему управления тиристорами (Control), а также три контура с полностью управляемыми тиристорами (GTO1, GTO2, GTO3), диодами (VD1, VD2, VD3), элементами коммутирующих контуров (Ld1-C1, Ld2-C2, Ld3-C3), компенсирующими элементами (C2, C4, C6) и индукторами (L1-R1, L2-R2, L3-R3).

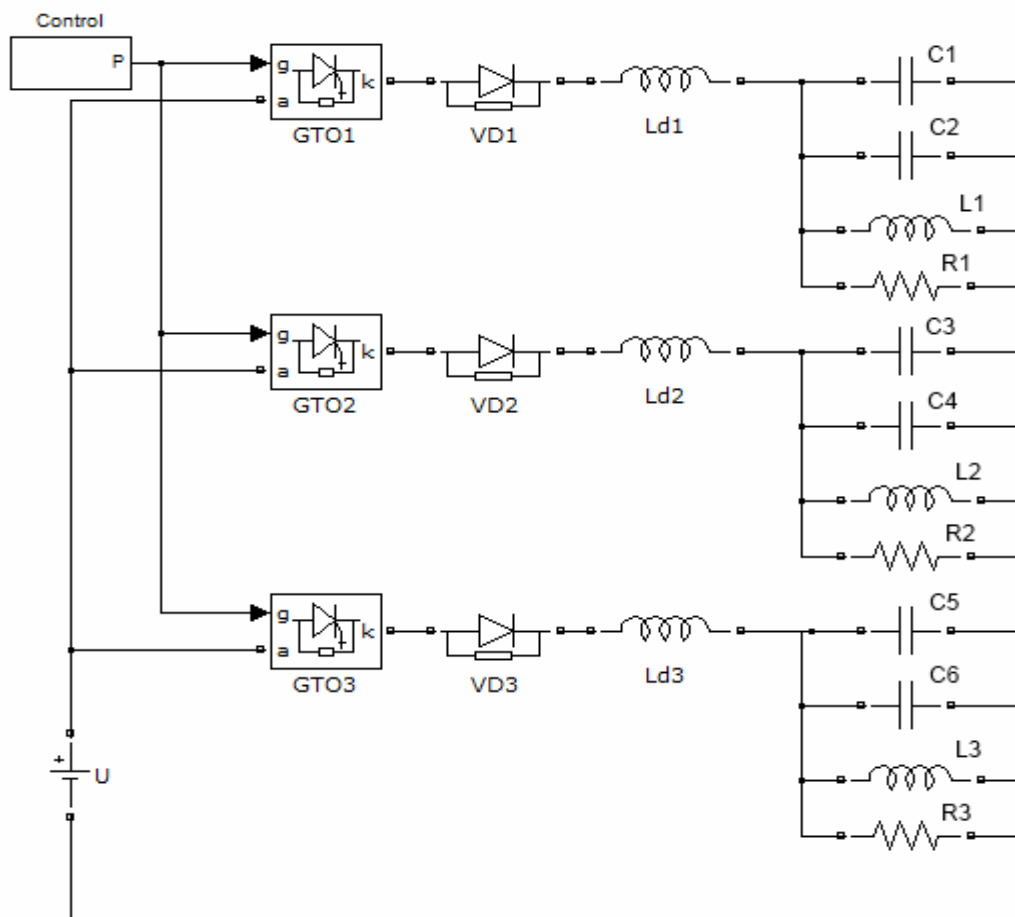


Рис. 1. Модель преобразователя

Двухчастотная система токов в индукторах создается при помощи системы управления. На рис. 2 изображена временная диаграмма управляющих импульсов для одного контура.

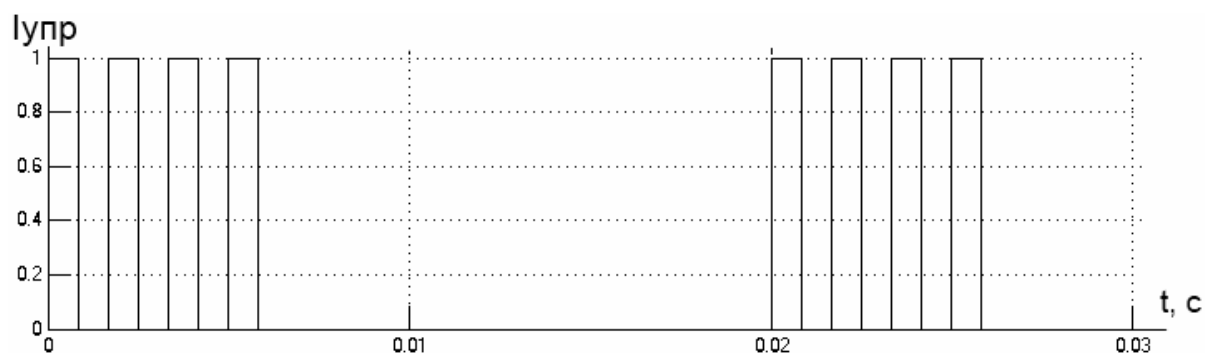


Рис. 2. Импульсы управления

В результате исследования такого преобразовательного устройства были получены результаты, представленные на рис. 3-6.

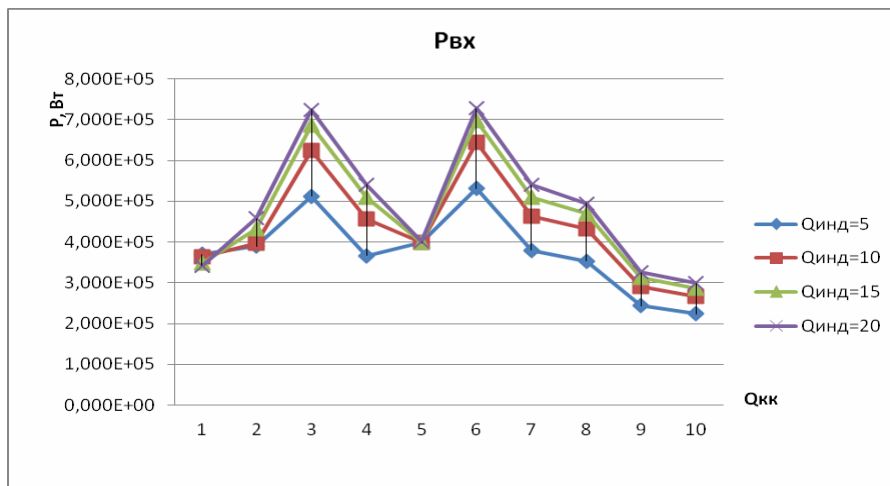


Рис. 3. Зависимость входной мощности от добротности коммутирующего контура ($Q_{кк}$), при разных добротностях контура с индуктором ($Q_{инд}$)

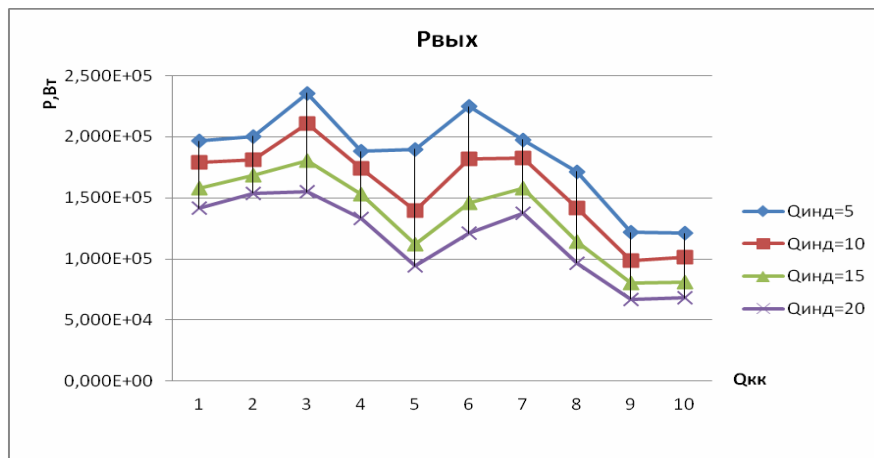


Рис. 4. Зависимость выходной мощности от добротности коммутирующего контура ($Q_{кк}$), при разных добротностях контура с индуктором ($Q_{инд}$)

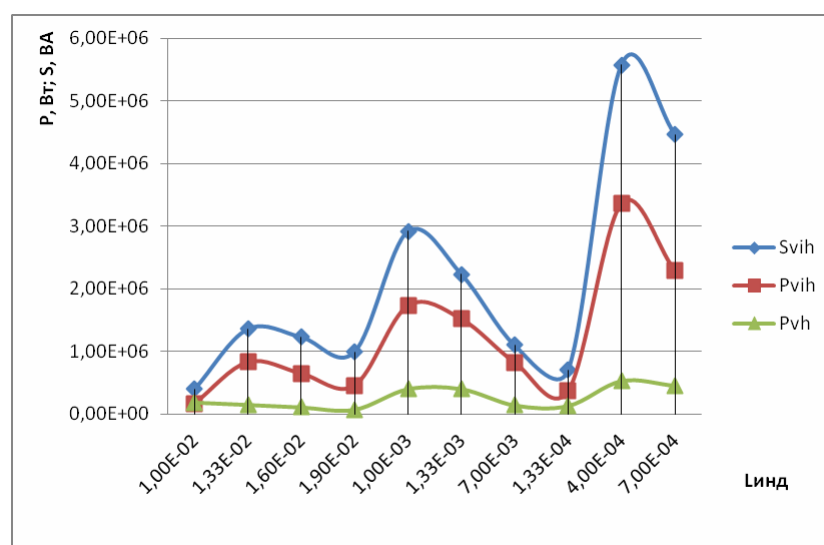


Рис. 5. Зависимость входной мощности (P_{vh}), активной выходной мощности (P_{vih}), полной выходной мощности (S_{vih}) от индуктивности индуктора

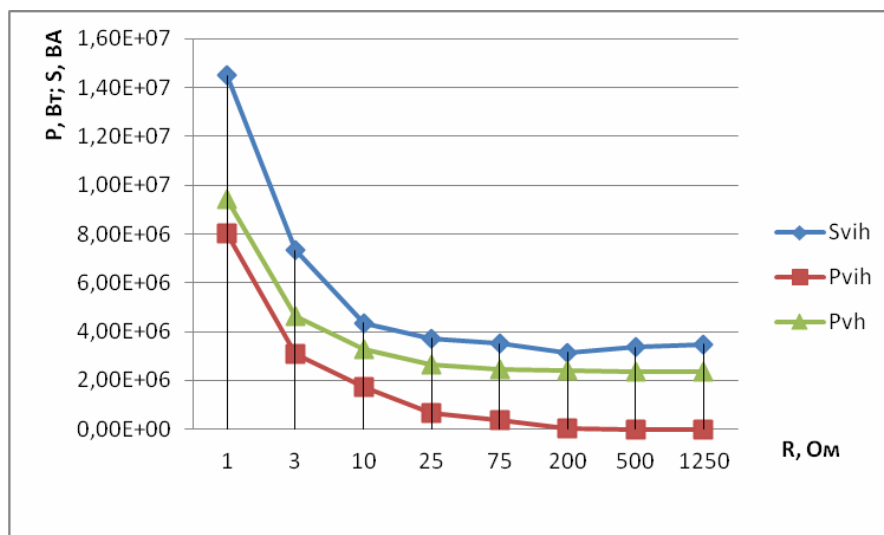


Рис. 6. Зависимость входной мощности (P_{vh}), активной выходной мощности (P_{vih}), полной выходной мощности (S_{vih}) от активного сопротивления индуктора

Преимущество такой схемы преобразователя заключается в использовании малого количества тиристоров, что существенно удешевляет устройство.

Библиографический список

1. Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок. / Е.И. Беркович и др. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983.

ВЫПОЛНЕНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ» КАК СРЕДСТВО ОЗНАКОМЛЕНИЯ С МЕТОДИКОЙ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА

*Балдин В.Ю., Белоусова О.А., Усова Г.И.
УрФУ, ensav@mail.ustu.ru*

Домашнее задание, выполняемое студентами неэнергетических специальностей по дисциплине «Основы энергосбережения» в УрФУ, построено на формировании у студентов понимания принципов методики расчетно-нормативной оценки энергопотребления объекта на примере здания промышленного или гражданского типа, умения разрабатывать и применять типовые энергосберегающие мероприятия в организациях и на промышленных предприятиях, что позволяет ознакомить их с основными элементами методики составления энергетического паспорта организации и закрепить эти знания. В ходе занятий также рассматриваются основные направления разработки и реализации мероприятий по энергосбережению в системах отопления, системах горячего и холодного водоснабжения, системах освещения.

Задания выдаются по индивидуальным вариантам. В исходных данных указываются: вид объекта, его назначение, строительный (отапливаемый) объем объекта, количество работающих (инженерно-технических работников, административного персонала, рабочих), других потребителей, климатическая зона, в которой расположен объект, задается расход электроэнергии.

Расчеты выполняются в соответствии с методикой [1]. Рассматривается условие, что при отсутствии проектных данных тепловые нагрузки рассчитываются по укрупненным измерителям для оценки теплопотребления зданий. В ходе проведения аудиторных занятий рассматривается и подробно анализируется пример расчета административно-бытового корпуса промышленного предприятия, для которого известны необходимые исходные данные (как и в домашнем задании), перечень потребителей горячей и холодной воды и их количество в здании.

В первой части домашнего задания рассчитывается максимальная часовая отопительная нагрузка здания Q_o , Гкал/ч, ее определяют по известной формуле

$$Q_o = \alpha q_o V (t_{в.р.} - t_{н.р.о}) 10^{-6}; \quad (1)$$

где α – поправочный коэффициент ([1], табл. 4); q_o или q_v – соответственно удельные отопительная (или вентиляционные тепловые) характеристики здания, ккал/(м³·ч·°C) ([1], табл. 1, 2, 3); V – объем здания по наружному обмеру, м³; $t_{в.р.}$ – расчетная температура воздуха в помещениях, °C; $t_{н.р.о}$ и $t_{н.р.в}$ – расчетные температуры наружного воздуха для проектирования, соответственно, отопления и вентиляции, °C.

Студент, в зависимости от характера заданного объекта, определяет вид системы отопления – водяной или воздушной. Необходимые данные для расчета по приведенным формулам (1-3), в том числе – средние температуры и продолжительность отопительного периода n принимаются по данным [2, 3]. В качестве $t_{н.р.о}$ принимается температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °C (обеспеченностью 0,92).

Далее рассчитывают годовой расход теплоты по зданиям и сооружениям на нужды отопления по формуле:

$$Q_{год\ o} = Q_o \cdot n \cdot k, \text{ Гкал/год}, \quad (2)$$

где k – коэффициент пересчета на среднюю температуру периода, который рассчитывают по формуле:

$$k = (t_{в.р.} - t_{ср.п.}) / (t_{в.р.} - t_{н.р.о}), \quad (3)$$

$t_{в.р.}$ – усредненная температура внутреннего воздуха в здании; $t_{ср.п.}$ – средняя температура периода; $t_{н.р.о}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления.

После расчета годового расхода теплоты по зданиям, сооружениям на нужды отопления переходят к формированию и оценке ожидаемой эффективности энергосберегающих мероприятий в системе отопления.

Например, снижение потерь тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха можно осуществить следующими мероприятиями: уплотнением (утеплением) старых оконных конструкций и дверей; заменой устаревших оконных конструкций на современные (пластиковые и др.); применением более совершенных дверных конструкций (двойных, тройных, вращающихся, самозакрывающихся

и др.) и т. д. За счет внедрения этого мероприятия можно сэкономить до 20 % от расчетного количества потребляемой тепловой энергии. Эффективность мероприятия рассчитываем как экономию не менее 10 % годового расхода теплоты по зданиям, сооружениям на нужды отопления.

Также можно рассмотреть оснащение системы отопления узлом учета и регулирования потребления тепловой энергии (возможная экономия – 10...50 % от расчетного потребления тепловой энергии зданием). Комплексная автоматизация системы отопления включает: местное регулирование параметров теплоносителя в тепловом пункте, а также автоматическое поддержание гидравлических режимов в трубопроводной сети системы, индивидуальное управление подачей теплоты от отопительных приборов системы. При реализации этих мероприятий необходимы определенные затраты, и студенту следует рассчитать срок окупаемости.

Во второй части домашнего задания рассчитывают потребление сетевой (хозяйственно-питьевой) воды на нужды горячего и холодного водоснабжения, используя данные [4]. При этом производят пересчет потребления горячей воды в расход тепловой энергии.

Далее также рассматривают мероприятия в системе горячего, холодного водоснабжения и водоотведения. Например, снижение потребления горячей воды за счет оптимизации расходов и регулирования температуры, своевременного устранения утечек, сокращения расходов и потерь холодной воды, оснащения систем ГВС и ХВС счетчиками расхода воды, применения современной водоразборной арматуры, других водосберегающих мероприятий.

В ходе занятий сравнивается и дается стоимостная оценка потребления воды и тепловой энергии на цели отопления и горячего водоснабжения реальных потребителей в различных группах, присутствующих на занятиях, как по установленным нормативам (без приборов учета), так и по фактическому потреблению, фиксируемому установленными приборами учета на основе данных, имеющихся в приносимых студентами на занятия по заданию преподавателя счетах за коммунальные услуги. Наглядно демонстрируется на основе этих данных преимущества установки приборов учета и регулирования энергопотребления.

В системах освещения студенты определяют расход энергии (долю от общего электропотребления) на освещение в зависимости от вида заданного объекта и сразу приступают к определению перечня и эффективности возможных мероприятий по энергосбережению в системах освещения. Например, оценивается возможность сокращения области применения ламп накаливания и замена их люминесцентными, замена электромагнитных пускорегулирующих устройств у люминесцентных ламп на электронные, а также применение других энергоэффективных источников света (рассматриваются преимущества и недостатки таких источников света как лампы накаливания общего назначения; галогенные лампы накаливания (на напряжение 220-230 В); линейные люминесцентные лампы; компактные люминесцентные лампы; ртутные лампы высокого давления с люминофором; металлогалогенные лампы; натриевые лампы высокого и низкого давления, светодиодные источники света), возможности ав-

томатизации управления осветительными системами. Проводится сравнительный расчет энергетической и экономической эффективности применения различных источников света. У студентов формируется представление о принципах энергоэкономичного освещения.

Занятия проводятся в специализированных аудиториях кафедры «Энергосбережение» УрФУ с применением современной мультимедийной техники, в том числе – интерактивной доски, и компьютерных презентаций, с помощью которых излагается и иллюстрируется методика решения подобных задач, демонстрируется выбор необходимых исходных и справочных данных для выполнения домашнего задания студентами. При проведении занятий используются учебно-демонстрационные стенды с образцами энергоэффективных осветительных приборов, приборов учета и регулирования потребления воды и теплоты, теплоизоляционных материалов, оборудования химводоподготовки, современных приборов и систем отопления и т.д.

Таким образом, выполнение домашнего задания по приведенной схеме позволяет ознакомить студентов с перечнем и сравнительной эффективностью типовых энергосберегающих мероприятий для промышленных и иных объектов в системах отопления, горячего и холодного водоснабжения, освещения, которые могут применяться ими как в профессиональной деятельности, так и в быту.

Библиографический список

1. Методика составления энергетического паспорта организации (образовательного учреждения) / В.Ю. Балдин, Я.М. Щелоков, В.С. Проскуряков. Под ред. Г.В. Тягунова, С.Е. Щеклеина, Н.И. Данилова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 64 с.
2. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»
3. ТСН 23-301-2004 Свердловской области «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормы по энергопотреблению и теплозащите»
4. СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий»

ОПТИМИЗАЦИЯ ХОЛДИНГОВОЙ СТРУКТУРЫ В СЕТЕВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Балдина Е.В., Котляревская И.В.
УрФУ, ebaldina@el.ru, ivkotlyarevskaya@ustu.ru

Одной из важнейших особенностей современного развития экономики является трансформация организационных структур бизнеса, возникновение большого количества форм сетевого взаимодействия. Компании в большинстве отраслей вынуждены приспосабливаться к новым условиям, предполагающим глобальную конкуренцию и стремительные изменения в технологиях. Сегодня общепризнанным является тот факт, что формирование интегрированных структур повышает устойчивость существующих отраслей, а также способству-

ет созданию новых отраслей, позволяет оптимизировать материальные, энергетические и финансовые потоки, способствует более легкому завоеванию новых рынков.

В научной литературе предлагается множество классификаций сетевого взаимодействия, предложенных различными авторами. Какое место в классификациях межфирменных сетей занимает холдинговая структура? На наш взгляд, такую интегрированную структуру, как холдинговая компания, можно отнести к типу горизонтальных сетей взаимодействия, по классификации Х. Хинтерхюбера и Б. Левина [1]. Горизонтальная сеть в этой классификации определяется как альянсы схожих между собой компаний, оперирующих на одних и тех же рынках. Целью их создания является разработка и продвижение специфической технологии (продукта) для завоевания определенного рыночного сегмента. Их взаимодействие основано на объединении способностей, которыми располагают участники сети для совместной разработки обновленных и принципиально новых процессов и предложений [2]. Холдинговые компании возникают по всему миру под влиянием общих для всех стран процессов интеграции [3]. Эффективность холдинговых компаний можно обобщенно выразить следующим образом: они позволяют обеспечивать выполнение задач, не решаемых на уровне отдельного предприятия, оптимизировать связи между предприятиями, страхуют от финансовых потерь [4]. Одной из важных особенностей функционирования холдинга является принцип взаимовыгодного сотрудничества – горизонтальные взаимоотношения между предприятиями холдинга должны строиться на принципах взаимовыгодного сотрудничества [5]. Необходимо отметить, что все формы сетевого взаимодействия компании рождаются на основе концепции маркетинга партнерских отношений, следовательно, холдинговая структура и по этому принципу может быть отнесена к межорганизационной сети взаимодействия.

Рассмотрим особенности создания холдинга на примере ОАО «НПК «Оптические системы и технологии», которые позволяют охарактеризовать холдинговую структуру как форму сетевого взаимодействия компаний.

Холдинг ОАО «НПК «Оптические системы и технологии» включает 21 предприятие оптико-электронной отрасли в разных городах России. Холдинг создается с целью повышения конкурентоспособности на мировом рынке российской оптико-электронной отрасли, реализующей задачи по разработке и производству оптико-электронных систем военного и гражданского назначения, наукоемкой медицинской техники и высокотехнологичной продукции гражданского назначения, в том числе современных полупроводниковых осветительных систем и приборов [6]. В состав холдинга входят организации – разработчики и производители оптических систем и материалов. Они взаимодействуют на различных уровнях кооперации, например, одни предприятия-участники холдинга поставляют другим комплектующие для различных изделий, а те, в свою очередь, поставляют скомплектованные изделия другим для создания крупных систем и комплексов. Создание холдинга обеспечит повышение инновационного, производственного и рыночного потенциала организа-

ций-участников интегрированной структуры. Основными целями холдинга являются:

- Обеспечение инновационного развития;
- Внедрение новых технологий;
- Повышение конкурентоспособности продукции.

Таким образом, видно, что цели создания холдинга соответствуют целям создания горизонтальной сети взаимодействия компаний, но, безусловно, каждая холдинговая структура имеет свои особенности в сетевом взаимодействии. Необходимо отметить, что одна и та же холдинговая компания по своим характеристикам и отличительным особенностям может быть определена не по одной классификации сетей взаимодействия, а сразу по нескольким классификациям, и это позволяет получить более глубокое представление об ее особенностях в сетевом взаимодействии. Так, на примере моделей сотрудничества, предложенных С. Карделлом, которые ориентированы на достижение разных целей, рассмотрим, к какой модели межфирменного сотрудничества можно отнести холдинг ОАО «НПК «Оптические системы и технологии». Для этого отметим, какие ключевые проблемы организации предприятий оптико-электронной отрасли позволит решить подобная интегрированная структура, представляющая собой форму сетевого взаимодействия компаний-участников холдинга:

- Построение экономически эффективной интегрированной системы в области оптических систем и технологий;
- Необходимость координации развития оптико-электронного приборостроения;
- Необходимость повышения конкурентоспособности продукции российских предприятий оптической отрасли на внутреннем и мировом рынках;
- Оптимизация производственных мощностей путем введения новых прогрессивных технологических решений;
- Необходимость развития кадрового потенциала для осуществления прогрессивных технологических и структурных преобразований;
- Необходимость повышения эффективности использования энергетических, материальных, кадровых, финансовых и прочих ресурсов с учетом специализации предприятий, входящих в состав холдинга.

На наш взгляд, большинство из этих проблем организации предприятий оптико-электронной отрасли позволит решить холдинг, сотрудничество компаний-участников которого будет построено по модели из классификации, предложенной С. Карделлом, – модели, названной «сотрудничество на основе предложения». Это сотрудничество, которое «строится, исходя из осознания того, что предложение необходимого потребителю сообществу продукта или услуги возможно только в результате объединения ресурсов двух и более организаций» [7]. Данная модель сотрудничества наиболее точно, хотя и не всесторонним образом, отражает взаимодействие предприятий-участников холдинга ОАО «НПК «Оптические системы и технологии», так как предприятия холдинга сотрудничают на различных уровнях, объединяя производственные и интел-

лектуальные потенциалы для создания новой конкурентоспособной продукции, соответствующей требованиям заказчиков. По мнению гендиректора холдинга С.В. Максина, «предприятия будут объединяться в соответствии со стратегическими направлениями деятельности. Это позволит проводить единую научно-техническую политику, техническую модернизацию и оптимизацию производственных мощностей, развивать внутрикорпоративную кооперацию, исключить параллелизм в исследованиях и разработках, обеспечить устойчивый рост инновационного потенциала» [8].

Наряду с этим, одним из важных и перспективных направлений, позволяющих оптимизировать структуру и повысить эффективность производства любого современного предприятия, является создание в организации системы энергетического менеджмента [9], позволяющей предприятию обеспечить непрерывное улучшение энергетической, экологической и экономической эффективности производства. Такой системный подход к энергоменеджменту, предлагаемый новым стандартом ISO 50001:2011 [10], уже сегодня успешно реализуется топ-менеджментом крупнейших российских холдингов.

Библиографический список

1. Hinterhueber H.H., Levin B.M. Strategic Networks – the Organisation of the Future // Long Range Planning. 1994. Vol. 27. No. 3.
2. Шерешева М.Ю. Формы сетевого взаимодействия компаний. Курс лекций: учеб. пособие. М.: Изд. дом Гос. ун-та Высшей школы экономики, 2010. 339 с.
3. Холдинг – образование и управление / А.М. Голубева // Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.cfin.ru/management/holding_anatomy.shtml (дата публикации 21.06.99)
4. Особенности функционирования холдинговых структур в трансформационной экономике России / Е.В. Иванова // Вестник ОГУ. 2008. № 8 (90) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.osu.ru/doc/1026/author/1510/lang/0> (20.08.08)
5. Особенности холдинговой структуры организации бизнеса / С.Г. Мешеряков // Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.cfin.ru/bandurin/article/sbrn04/06.shtml> (дата публикации 11.12.03)
6. Холдинг ОАО «Научно-производственный концерн «Оптические системы и технологии» // Материалы Международного форума OPTICS-EXPO [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.optics-expo.ru/25.html>
7. Карделл С. Стратегическое сотрудничество: Креативный бизнес-курс / Стивен Карделл. – Пер. с англ. К. Ткаченко. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2005. 256 с.
8. Сергей Максин: "Жить вчерашним днем – большая ошибка" // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://nvo.ng.ru/armament/2011-07-22/14_maksin.html (дата публикации 22.07.11)
9. Организация энергосбережения (энергоменеджмент). Решения 3СМК-НКМК-НТМК-ЕВРАЗ: Учебное пособие / Под ред. В.В. Кондратьева. М.: ИНФРА-М, 2011. 108 с.
10. ISO 50001:2011 Energy management systems - Requirements with guidance for use: Abstract // International Organization for Standardization (ISO) [Электронный ресурс]: URL: <http://www.iso.org/>

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К KNOWLEDGE ECONOMY

Балдина Н.В.
УрФУ, natalia.baldina@mail.ru

В последнее время в научной литературе в области экономики и менеджмента уделяется большое внимание исследованию экономики знаний (Knowledge Economy). Экономика знаний, как известно [1], – это экономика, где основными факторами развития являются знания и человеческий капитал. Процесс развития такой экономики заключен в повышении качества человеческого капитала, в повышении качества жизни, в производстве знаний высоких технологий, инноваций и высококачественных услуг. Экономика знаний – высший этап развития постиндустриальной экономики и инновационной экономики, в наибольшей степени она характерна для высокоразвитых стран мира, таких как США, Япония и некоторых стран ЕС.

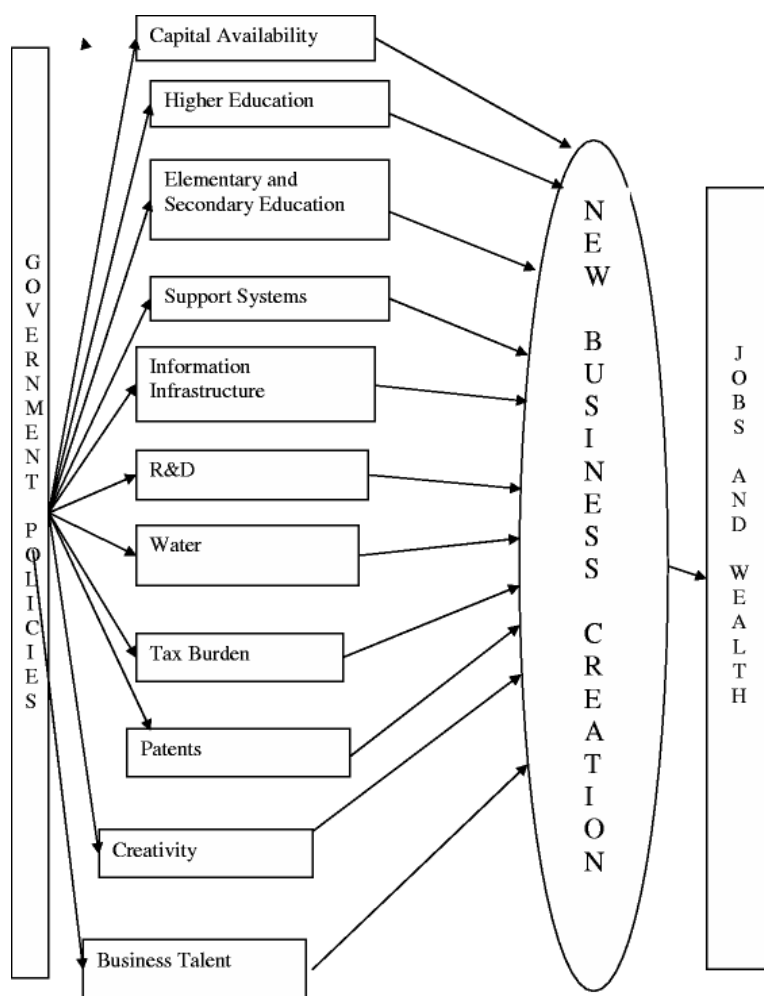
В связи с этим, на наш взгляд, представляет интерес провести анализ различных, в том числе – зарубежных, подходов к рассмотрению и толкованию этого вопроса.

Так, Suleiman K. Kassicieh из университета Нью Мехико, США [1], наиболее полно выделил факторы, влияющие на результаты предпринимательской деятельности и экономическое развитие, в работе «The Knowledge Economy and Entrepreneurial Activities in Technology-Based Economic Development» (Экономика знаний и предпринимательская деятельность при экономическом развитии, основанном на технологиях). К ним относятся: доступность капитала, высшее образование, начальное и среднее образование, системы поддержки, информационная инфраструктура, исследования и разработки, водные ресурсы, налоговое бремя, патенты, творческий потенциал (креативность), талант в области бизнеса. Схема, представленная автором [2], является достаточно исчерпывающей (рисунок).

При этом следует отметить, что нестандартным и неожиданным является включение в схему такого индикатора, как Water (водные ресурсы). S. Kassicieh уделяет большое внимание рассмотрению роли этого фактора и связывает уровень развития страны с направлением использования водных ресурсов. Так, если страна является экономически более развитой, то использование водных ресурсов в промышленных целях превалирует над их использованием в сфере сельского хозяйства и жилищно-коммунального комплекса, и является одним из индикаторов уровня развития.

На наш взгляд, с учетом современных тенденций, эта схема должна быть дополнена таким важным фактором, актуальным для любого государства, холдинга, предприятия или организации, как уровень энергетической эффективности (Energy Efficiency).

С учетом того, что в настоящее время в России, в соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», водные ресурсы приравнены к энергетическим, это представляется вполне логичным и обоснованным.



Факторы, влияющие на предпринимательство и экономическое развитие

Кроме того, в силу нетривиальности, мы обратили внимание на такой фактор как Management Talent, раскрытый с интересной стороны. S. Kassicieh подчеркивает, что индивидуальный талант играет ключевую роль в обеспечении успеха в новых деловых начинаниях в самых разных областях деятельности. Кроме специального высококачественного образования в области ме-

неджмента немаловажное значение для дальнейшего экономического развития имеют и личные способности, и талант предпринимателя.

В ходе анализа публикаций в Journal of Knowledge Economy, мы обратили внимание, что в статьях в равной степени встречается как термин Entrepreneurship, так и Venturing.

Entrepreneurship означает предпринимательство (самостоятельная, осуществляемая на свой риск деятельность, связанная с созданием, финансированием и управлением новым предприятием с целью получения прибыли) [3].

Термин Venture – используется в следующих смыслах:

- 1) спекуляция;
- 2) рискованное предприятие;
- 3) коммерческое предприятие;
- 4) суммы/товары, подвергаемые риску [4].

Так, предложение: Venture capital – a financing source for new business or turnaround ventures that usually combine much risk with potential for high return [5] можно перевести следующим образом: «Венчурный капитал – финансовый источник для новых компаний или предприятий, которые обычно сочетают высокий уровень риска со значительным потенциалом возврата инвестиций».

Анализируя эти два термина с морфологической точки зрения, можно отметить, что окончание – ship – является признаком существительного, а окончание – ing – является признаком герундия (отглагольного существительного),

обозначающего процесс. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что Entrepreneurship обозначает предпринимательство как явление, а Venturing – как процесс.

Мы обнаружили, что в научной литературе [6] встречаются терминологические понятия *knowledge economy* и *knowledge-based economy*. Существенное отличие между ними заключается в том, что в экономике знаний (*knowledge economy*) знание – это продукт, а в экономике, основанной на знаниях, (*knowledge-based economy*) знание – это инструмент.

Для изучения Knowledge Economy был выбран Journal of Knowledge Economy, однако в процессе работы был обнаружен другой журнал – Journal of Knowledge Economy and Knowledge Management, публикации в котором также представляют интерес для дальнейших исследований.

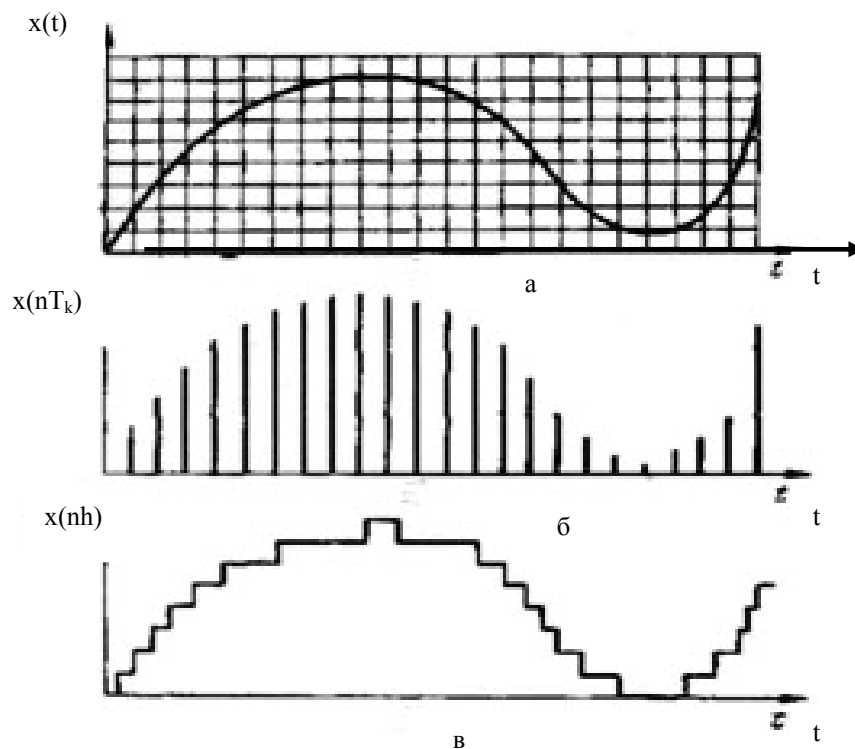
Библиографический список

1. Макаров В.Л. Экономика знаний: уроки для России [Электронный ресурс]: Вестник Российской Академии Наук. 2003. Т. 73. № 5. С. 450. URL: <http://vivovoco.rsl.ru/vv/journal/vran/session/vran5.htm>
2. The Knowledge Economy and Entrepreneurial Activities in Technology-Based Economic Development [Электронный ресурс]: URL: <http://www.springerlink.com/content/h8062v1g60767681>
3. Entrepreneurship: словарная статья из электронного словаря ABBYY Lingvo [Электронный ресурс]: URL: www.lingvo.ru
4. Venture: словарная статья из электронного словаря ABBYY Lingvo [Электронный ресурс]: URL: www.lingvo.ru/LingvoEconomics
5. Venture capital: словарная статья из электронного словаря [Электронный ресурс]: URL: www.allbusiness.com/glossaries/venture-capital/4941855-1.html
6. answers.com: информационно-справочная система [Электронный ресурс]: URL: <http://www.answers.com/topic/knowledge-economy>

АНАЛОГОВАЯ И ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Белоусов Д.А., Мартынов Е.В., Салимгареев Д.Д., Пирумян Н.М.
УрФУ, sarapulovfn.yandex.ru*

Электронные устройства (ЭУ) по способу формирования и передачи сигнала управления подразделяются на два класса: аналоговые и дискретные. Аналоговые электронные устройства (АЭУ) – это устройства усиления и обработки электрических сигналов. К аналоговым относятся сигналы, которые изменяются по тому же закону, что и отражаемые ими физические процессы. Аналоговые сигналы заданы (известны, могут быть измерены) во все моменты времени. Аналоговый сигнал как функция времени может быть наглядно представлен графически или осциллограммой (рис. а). График может содержать точки разрыва, например, иметь форму импульсов. В отличие от аналогового у дискретного сигнала значения известны не во все моменты времени, а только в некоторые, например, один раз в каждую миллисекунду (рис. б, в).



Квантование аналогового сигнала $x(t)$ (а) по времени (б) и уровню (в)

Цифровые электронные устройства (ЦЭУ) реализуют квантование сигнала $x(t)$ как по времени, так и по величине. Поэтому в фиксированные моменты времени такие сигналы только приближенно соответствуют значениям $x(t)$. Очевидно, чем больше дискретных значений, которые может принимать сигнал, тем точнее соответствует дискретный сигнал аналоговому. Однако в любом случае мы имеем дело с конечным числом его значений.

В свою очередь, конечному числу дискретных значений исходной величины можно поставить в соответствие некоторое число. Процесс замены дискретных уровней сигнала последовательностью чисел носит название кодирования, а совокупность полученных чисел называется кодом сигнала. Таким образом, процесс преобразования и передачи сигналов можно заменить процессом преобразования и передачи кодов, поставленных в соответствие исходным сигналам. Передача кодов производится с некоторой последовательностью с помощью импульсов. Для анализа и синтеза цифровых систем служит разработанный английским математиком Д. Булем (1815-1864) математический аппарат. Специальным разделом булевой алгебры является алгебра логики [1].

В алгебре логики, как и в обычной алгебре, есть понятия переменных и постоянных величин. В алгебре логики константы могут иметь только два значения, а именно 0 или 1. Любая переменная равна либо 0, либо 1. Следовательно, переменная в алгебре логики является бинарной величиной.

Но по форме (а не по содержанию) любой дискретный сигнал является аналоговым. Частным видом дискретного сигнала является цифровой. Он получается, если числовые значения дискретного сигнала выразить группами импульсов, обозначающими соответствующие числа (1 и 0).

Преимущества аналоговых устройств – сравнительная простота, надежность и быстроедействие – обеспечили им широкое применение. Построение аналоговых устройств на основе активных электронных приборов позволяет усиливать сигналы. Усилителем электрических колебаний называется такое устройство, которое за счет энергии источника питания формирует новое колебание, являющееся по форме более или менее точной копией заданного усиливаемого колебания, но превосходит его по напряжению, току или мощности. Усиление колебания необязательно увеличивает его мощность, но создается выходное колебание за счет энергии источника питания. Напряжение последнего преобразуется в усилителе в напряжение заданной формы. Поэтому считается, что усилитель является преобразователем формы напряжения.

В настоящее время, аналоговая электроника несколько утратила свои позиции. Но это не значит, что она морально устарела и сейчас не применяется. Из-за особенностей анализа входного сигнала аналоговая электроника применяется для осуществления автоматического контроля над производственными процессами, потому что они хорошо реагируют на различные изменения во входных данных. Такого рода компьютеры используются в случаях, когда дорогие электрические или механические устройства способны имитировать изучаемые ситуации.

В ряде случаев с помощью аналоговых компьютеров возможно решать задачи, меньше заботясь о точности вычислений, чем при написании программы для цифровой ЭВМ. Например, для электронных аналоговых компьютеров реализуются задачи, требующие решения дифференциальных уравнений, интегрирования или дифференцирования. Для каждой из этих операций применяются специализированные схемы и узлы, обычно с применением операционных усилителей. Сейчас аналоговые компьютеры уступили свое место цифровым технологиям, но ещё применяются там, где необходима повышенная точность результатов [2].

К достоинствам ЦЭУ следует отнести:

- усилительные приборы (транзисторы) используют в режиме ключа, при котором мощность, рассеиваемая в них, минимальна. Это повышает коэффициент использования усилительного прибора;
- свойства дискретных устройств в меньшей степени зависят от нестабильности параметров используемых элементов. Это объясняется как меньшим тепловыделением, что, снижая перегрев, сужает реальный диапазон рабочих температур, так и работой полупроводниковых приборов в режиме ключа;
- высокая помехоустойчивость, так при передаче импульсов сокращается время, в течение которого помеха может повлиять на передаваемый сигнал;
- применением однотипных элементов в каналах обработки, передачи и хранения информации. В связи с этим облегчается их изготовление, обеспечивающее повышенную надежность, малогабаритность, дешевизну и т.п.

Широкое применение цифровой электроники является эффективным способом экономии энергоресурсов. Так, микропроцессорная система позволяет управлять освещением улиц в автоматическом, ручном и дистанционном режимах и экономит до 30 % электроэнергии, потраченной на освещение, за счёт

гарантированного выполнения заданных режимов и применения вечернего и ночного режимов освещения улиц в соответствии с текущим календарным временем восхода и захода [3].

Библиографический список

1. Кестер У. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / Кестер У. М.: издательство Техносфера, 2010. 195 с.
2. Москатов Е. А. Электронная техника / Учебник для ВУЗов, М.: 2004. 254 с.
3. Красько А. С. Аналоговые электронные устройства: методическое пособие / А. С. Красько. Томск: 2005. 24 с.

ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ТРУБОПРОВОДАХ ТЭС И АЭС

Беляков А.А., Семенов В.К.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

Oh_behave@mail.ru

Российские ТЭС и АЭС имеют значительную наработку и большую степень износа оборудования. В трубопроводах имеет место значительное накопление повреждений, которые приводят к возникновению и росту микротрещин. Коррозионная усталость конструкционных материалов определяется целым комплексом условий, многие из которых являются неконтролируемыми, а значит, на процесс накопления дефектов следует смотреть, как на стохастический и исходить из вероятностных представлений.

Нами предлагается стохастическая математическая модель, позволяющая с точностью до флуктуаций прогнозировать число повреждений паропроводов на ТЭС и АЭС. Модель основана на уравнении Колмогорова, полуэмпирическом уравнении роста среднего числа повреждений и результатах регрессионного анализа данных обследования состояния паропроводов. Прогнозирование объема повреждений ведется по следующему полуэмпирическому закону

$$N^* = 1 - \exp\left(-\int_0^t \alpha(t) dt\right),$$

$$N^* = N/N_p, \alpha = \alpha_0 + 2\alpha_1 t + 3\alpha_2 t^2 + \dots$$

где N – количество повреждений трубопровода, N_p – количество потенциально опасных мест, α – зависящий от времени коэффициент.

Коэффициенты идентификации b_0, b_1, b_2 определяются методом регрессионного анализа результатов обследования конкретных паропроводов, а их число выбирается по характеру полученной зависимости. По интегральной кривой суммарного числа повреждений от времени можно определить прирост повреждения за тот или иной промежуток времени.

Достоинством данной модели является то, что она учитывает особенности условий работы каждого конкретного трубопровода, для которого ведется прогноз.

Библиографический список

1. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984.
2. Живучесть паропроводов стареющих тепловых электростанций. / Под ред. Ю.Л. Израилева, Ф.А. Хромоченко. М.: Изд-во "ТОРУС ПРЕСС", 2002.
3. Баруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. М.: Наука, 1969.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЙТИНГА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2010 ГОД И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С БАЗОВЫМ ПЕРИОДОМ

*Бикбулатов С.Р., Коняева М.А.
ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»
mak@ines-ur.ru*

Данное исследование ведётся с 2009 года, основанием для начала работы явилось решение заседания Совета глав муниципальных образований при Губернаторе Свердловской области, рассмотревшем вопрос «О политике энергосбережения в Свердловской области». В частности, было предложено Правительству Свердловской области ввести оценку деятельности органов местного самоуправления по эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на территории муниципального образования. В связи с этим Министерством энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области было включено в план работ ГБУ СО «Институт энергосбережения» аналитическое исследование по формированию рейтинга энергоэффективности муниципальных образований Свердловской области.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2009 года № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» установлен перечень целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе и для муниципальных образований, а Приказом Министерства регионального развития РФ от 7 июля 2010 года № 273 утверждена Методика расчёта значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Расчёт предложенных показателей весьма трудоёмок, поскольку статистический мониторинг практически всех предложенных показателей в муниципальном разрезе не ведётся. Тем более не представляется возможным оценить базовые значения предложенных показателей за 2007-2009 годы.

Авторы исследования выполнили проработку методических подходов и определили состав доступных для расчёта показателей, позволяющих оценить уровень эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на территории муниципальных образований. Предложенные авторами показатели энергоэффективности коррелируют с предложенными Постановлением Правительства РФ целевыми показателями и представляют комплексную характеристику энергоэффективности территории.

При разработке рейтинга энергоэффективности территории в качестве первоочередной методической задачи рассматривалась проблема выбора и обоснования системы частных показателей энергоэффективности территории, с учётом доступности необходимой для расчётов статистической информации и требований законодательных и нормативных актов в сфере энергосбережения.

С этой целью проведён анализ статистической базы Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области в разрезе муниципальных образований, по итогам которого были приняты к расчётам частные показатели энергоэффективности P_i , $i=1, \dots, 6$.

- показатель П1 – электроёмкость организаций, осуществляющих деятельность на территории муниципального образования (далее – электроёмкость организаций), кВт·ч/руб.;

- показатель П2 – теплоёмкость организаций, осуществляющих деятельность на территории муниципального образования (далее – теплоёмкость организаций), Гкал/руб.;

- показатель П3 – доля расходов на коммунальные услуги государственными учреждениями в фактических расходах местного бюджета территории (далее – энергоёмкость муниципального бюджета), %;

- показатель П4 – удельное потребление горячего водоснабжения населением, проживающим в благоустроенном жилищном фонде на территории муниципального образования (далее – удельное потребление ГВС), Гкал/чел;

- показатель П5 – удельное потребление воды населением, проживающим в жилищном фонде, оборудованном водопроводом (далее – удельное потребление воды), м³/чел;

- показатель П6 – удельная отопительная характеристика благоустроенного жилищного фонда территории (далее – отопительная характеристика жилья), Гкал/м².

Выбор первых двух показателей соответствует Указу Президента России от 4 июня 2008 г. № 889, который поставил задачу снизить к 2020 году энергоёмкость валового внутреннего продукта не менее, чем на 40 % по сравнению с 2007 годом. Одним из обобщающих показателей, характеризующих эффективность деятельности органов управления на федеральном и региональном уровнях, является показатель динамики снижения энергоэффективности валового внутреннего продукта страны (на федеральном уровне) и валового регионального продукта (на региональном уровне). Энергоёмкость ВВП (ВРП) рассчитывается как отношение объёма использования первичных топливно-энергетических ресурсов к объёму ВВП (ВРП) и измеряется в тоннах условного топлива (т у. т.) на 1000 рублей ВВП (ВРП). При расчёте динамики энергоэффективности расчёт ВВП (ВРП) ведётся в ценах базового периода.

В качестве следующего параметра принят показатель П3 – «энергоёмкость муниципального бюджета». Данный показатель оценивает исполнение государственными учреждениями территории требований Федерального Закона № 261 от 23 ноября 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетиче-

ческой эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» по ежегодному снижению затрат на коммунальные услуги на 3 %.

Поскольку весьма высокая удельная энергоёмкость российской экономики в значительной мере определяется повышенным уровнем фактических потерь в электрических и тепловых сетях, а также низкими характеристиками ограждающих конструкций зданий, следующими показателями для оценки энергетического рейтинга муниципальных образований, характеризующими энергоэффективность в жилищном фонде, приняты П4 – «удельное потребление ГВС», П5 – «удельное потребление воды», П6 – «отопительная характеристика жилья».

Поскольку территории не являются однородными, имеет место значительная дифференциация, как по численности населения, так и по экономическому потенциалу, поэтому вся их совокупность распределяется по трём группам в зависимости от величины значения базового показателя «оборот организаций», осуществляющих деятельность на исследуемой территории. Это позволяет сопоставимо ранжировать расчётные показатели и объективнее формировать рейтинг энергоэффективности территорий.

Группировка производится в соответствии со значением показателя «оборот организаций» за базовый период. Территории разделились на три группы: первая группа имеет диапазон значений показателя «оборот организаций» в базовом году 8 млрд руб. и выше, вторая группа состоит из территорий с оборотом организаций в базовом году от 1,5 млрд руб. до 8 млрд руб., в третью группу входят территории с оборотом организаций в базовом году до 1,5 млрд руб.

Анализ сформированного рейтинга энергоэффективности выявил рост значений показателей энергоэффективности у 20 муниципальных образований Свердловской области в 2009 году и у 27 – в 2010 относительно 2008 года. Определяющим фактором повышения энергоэффективности для большинства территорий является рост значений показателя «оборот организаций».

Выявлены лидеры роста энергоэффективности в 2010 году относительно 2008 года по первой группе:

- Городской округ Краснотурьинск – рост на 48,1 %;
- Березовский городской округ – рост на 32,9 %;
- Городской округ Заречный – рост на 30,6 %.

По второй группе:

- Кировградский городской округ – рост на 28,0 %;
- Невьянский городской округ – рост на 19,7 %;
- Городской округ Красноуральск – рост на 18,9 %.

По третьей группе:

- Малышевский городской округ – рост на 23,9 %;
- Тавдинский городской округ – рост на 22,1 %;
- МО Красноуфимский округ – рост на 18,7 %.

Положительное изменение энергоэффективности в 2010 году относительно 2008 года по группам:

- 1 группа – у 13 из 22 МО (59 %);
- 2 группа – у 8 из 21 МО (38 %);
- 3 группа – у 6 из 13 МО (46 %).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Булычева О. П., Бойкова О. А.

Уфимский государственный авиационный технический университет

21lelik8.90@mail.ru

На рынке представлен ряд зарубежных и отечественных программных комплексов (ПК), позволяющих проводить автоматизированный расчет надежности сложных электрооборудования электроэнергетических систем [1]:

– *Relex* (*Relex software Corporation*, США) и *Risk Spectrum* (*Relcon AB*, Швеция) позволяют проводить логико-вероятностный анализ надежности и безопасности технических систем, например, расчет надежности современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), оптимизацию техногенного риска и определение оптимальных параметров системы технического обслуживания потенциально опасных объектов. Основное применение ПК *Risk Spectrum* получил в вероятностном анализе безопасности объектов атомной энергетики на стадии проектирования. Комплекс *Spectrum* используется более чем на 50 % атомных станциях мира, включен в перечень программных средств, аттестованных Советом по аттестации программных средств Госатомнадзора России в 2003 г. ПК *Relex* и *Risk Spectrum* могут быть использованы для расчета надежности не только управляющих или технологических систем, но и изделий приборостроения, вычислительной техники, на транспорте, в оборонной технике. В основе моделирования и расчета показателей надежности и безопасности технических систем, широко применяемых в Европе и США, лежат логико-вероятностные методы, использующие в качестве средства построения графических моделей безопасности (надежности) деревья событий (ДС) и деревья отказов (ДО). С ПК *Relex* (*Relex Software Continental Europe GmbH*) работают многие известные зарубежные фирмы, такие как *LG*, *Boeng*, *Motorolla*, *Dell*, *Cessna*, *Siemens*, *Raytheon*, *HP*, *Honda*, *Samsung*, *CiscoSystems*, *Nokia*, *EADS*, *3M*, *NASA*, *Intel*, *GM*, *Kodak*, *AT & T*, *Philips*, *Pirelli*, *Qualcomm*, *Seagate*, *Emerson*. В ПК включена обширная база данных, содержащая классификационные признаки элементов и характеристики надежности. Расчеты проводятся в соответствии со стандартами: *MIL-HDBK-217*, *Telcordia (Bellcore)*, *TR-332*, *Prism*, *NSWC-98/LE1*, *CNET93*, *HRD5*, *GJB299*.

– *SoHaR* и *FavoWeb* (*A.L.D. Group*, Израиль-США), ПК, основанные на реализации логистики (*logistics information system*) и оценки надежности: Программный продукт *FavoWeb* — это работающая в Интернете динамическая *FRACAS*-система (*Failure Reporting Analysis and Corrective Action System* — система оповещения об отказах, анализе и корректирующих действиях). Многие зарубежные компании, например компания *Lockheed Martin*, широко используют систему *FRACAS*. ПК *FavoWeb* основан на современных возможностях интернет-технологий и реализует полный замкнутый цикл методологии *FRACAS*, который применим к любому продукту, услуге, процессу. Может быть

использован в любой фазе жизненного цикла: разработке, макетировании, производстве, эксплуатации, техническом обслуживании, контроле, испытании; в любой отрасли: авиации, обороне, связи, электронике, фармацевтике, автомобилестроении, бытовой технике.

– ПК АСОНИКА-К – ПК, предназначенный для решения задач анализа и обеспечения надежности в рамках автоматизированного проектирования РЭА. По своим возможностям подсистема АСОНИКА-К не уступает *RBD*-модулям зарубежных ПК *A.L.D. Group*, *Relex*, *Isograph* и др. Ее использование является более предпочтительным, так как АСОНИКА-К позволяет вести расчет надежности РЭА на основе данных, приведенных в отечественных справочниках, и отвечает требованиям комплекса военных стандартов: «Мороз-6», *MIL-HDBK-217* и *GJB/z 299B*.

– ПК АСМ (автоматизированное структурно-логическое моделирование) – общий логико-вероятностный метод системного анализа, реализующий все возможности основного аппарата моделирования алгебры логики в базе операций «И», «ИЛИ», «НЕ». Форма представления исходной структуры системы – схема функциональной целостности, позволяющая отображать практически все известные виды структурных моделей систем. Комплекс автоматически формирует расчетные аналитические модели надежности и безопасности систем и вычисляет вероятность безотказной работы, среднюю наработку до отказа, коэффициент готовности, среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления, вероятность отказа восстанавливаемой системы, вероятность готовности смешанной системы, а также значимость и вклад элементов в различные показатели надежности системы в целом. ПК АСМ позволяет также автоматически определять кратчайшие пути успешного функционирования, минимальные сечения отказов и их комбинации.

Приведенные ПК, несмотря на свою многофункциональность, все-таки имеют ряд недостатков. Следует отметить, что актуальной является проблема разработки отечественных ПК для автоматизированного моделирования и расчета статических и динамических показателей надежности и безопасности сложных технических систем, что обусловлено потребностями развивающейся промышленности при создании новых высокотехнологичных процессов и оборудования, особенно для опасных производственных объектов различного назначения; объективными трудностями использования для этих целей ПК зарубежной разработки – высокой стоимостью, технологической зависимостью, проблемами подготовки кадров.

Авторами разработан ПК [2], реализованный на языке *Visual Basic 6.0*, при этом персональный компьютер, рабочая станция оперативного контроля надежности и рабочая станция диагностирования электрооборудования работают под управлением операционной системы *Microsoft* не ниже версии *XP*. База данных реализована в редакторе *MS Excel*. Динамическая информация о состоянии электрооборудования отображается на мониторе. Программный комплекс позволяет: производить автоматизированную оценку надежности электрооборудования электроэнергетических систем; формировать базы данных диагностических критериев и отображать результаты контроля с учетом

степени развития дефекта в режиме онлайн; отображать информацию о состоянии электрооборудования на видеокадрах монитора; непрерывно и циклически измерять параметры электрооборудования с идентификацией диагностических признаков дефектов (повреждение подшипников, статического эксцентриситета, осевых сдвигов вала, относительного расширения ротора и т.д.). В главное окно пользователь вводит основные геометрические размеры электрооборудования (например, асинхронного двигателя, электромеханического демпфирующего преобразователя с распределенной вторичной средой и т.п.), нажимает кнопку «Рассчитать», после чего запускается основной алгоритм, в результате работы которого на экран выводится результат расчета диагностического параметра и отображается окно «Результаты диагностики», в котором наглядно отображается степень развития дефекта. После нажатия кнопки «Записать в БД» в окне «Результаты диагностики» сохраняется текущее значение диагностического параметра, дату и время измерения, типоразмер электромеханического преобразователя. После нажатия кнопки «Построить эскиз» в главном меню отображается окно «Эскиз», в котором наглядно показано развитие дефекта (например, текущее положение ротора при оценке статического эксцентриситета).

Разработанное авторами оригинальное программное обеспечение позволяет оценить степень развития дефекта в процентном отношении к исправному состоянию электрооборудования, контролировать развитие дефекта, а также прогнозировать и своевременно производить ремонт и/или замену элементов электрооборудования, что в итоге позволяет сократить затраты на плановый ремонт, избежать экономических убытков.

Библиографический список

1. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем [Электронный ресурс] URL: http://www.kit-e.ru/articles/device/2007_5_183.php
2. Программа формирования диагностических критериев электромеханического демпфирующего преобразователя с распределенной вторичной средой с учетом технологических и эксплуатационных факторов: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2010615111 / Вавилов В.Е., Бойкова О.А. и др. Зарег. в Реестре программ для ЭВМ 9.09.2010.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЯ

*Бунькова Е.А., Худяков П.Ю., Жилкин Б. П.
УрФУ, ea.bunkova@gmail.com, boris.zhilkin@gmail.com
Шевелев М.М., Ефимова А.В., Михалёв А.В., Плесняев Е.А.
«Центр тепловизионной диагностики», г. Екатеринбург, Россия
centerd@gmail.com*

Существующие методы расчета и проектирования зданий основаны на положении о том, что ограждающие конструкции работают в квазистационар-

ном режиме. Однако, исследования, проведенные в Европе, показали, что режим нестационарен, а входящий и выходящий тепловые потоки стены могут отличаться в 18 раз [1]. Аналогичные исследования для Урала и Екатеринбурга не проводились.

Поэтому была разработана методика исследования и создан зонд, который представлял собой тонкий стрежень из материала, коэффициенты тепло- и температуропроводности которого были значительно ниже таковых для элементов стены (рис. 1). Длина и расположение датчиков (в данном случае медь-константан МК(Т)) на нем были выбраны так, чтобы получить детальный профиль температурного поля в стене и омывающих ее снаружи и внутри воздушных средах.

Апробация методики проводилась в семнадцатизэтажном жилом доме по адресу: г. Екатеринбург, ул. Таганская, 79. Зонд был установлен в восточной стене первого этажа, которая имела толщину в зоне установки датчика, равную 280 мм.

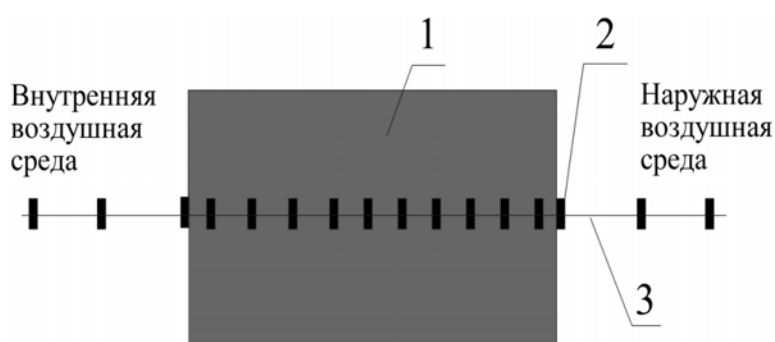


Рис. 1. Схема зонда и его размещение в стене:
1 – материал стены,
2 – стержень,
3 – термодатчики

Также для оптимизации обработки получаемых данных была разработана системы передачи данных (рис. 2), которая позволяет наблюдать за динамикой изменения температурного режима с любого персонального компьютера, у которого есть доступ к сети Интернет.

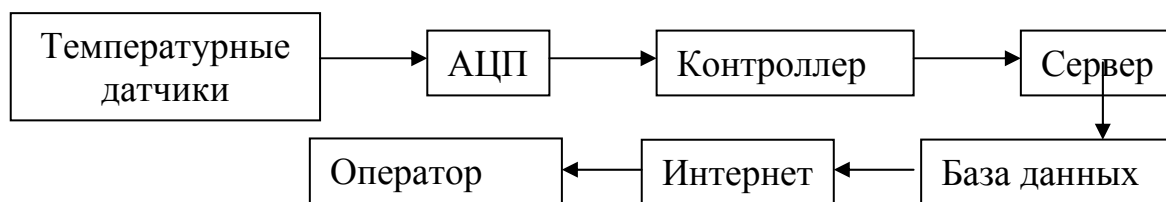


Рис. 2. Блок-схема системы мониторинга

Полученные входные и выходные мгновенные тепловые потоки рассчитываются по уравнению теплопроводности Фурье [2], в котором градиент температуры вычисляется по температурному профилю для каждого контрольного сечения.

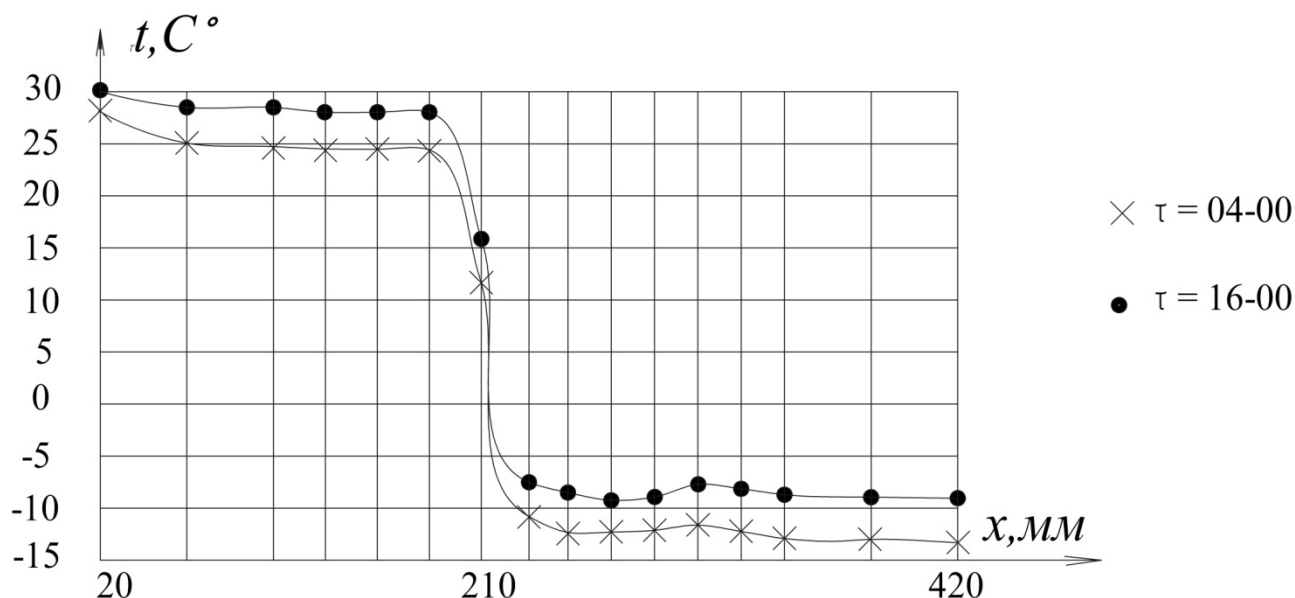


Рис. 3. Профили температур в стене и омывающих средах 9 ноября 2011 г. во время τ

Разработанная методика позволяет определять ход температур внутреннего и наружного воздуха, динамику изменения температурного поля в стене, мгновенные входной и выходной тепловые потоки, тепло, аккумулируемое в стене. Такая информация может использоваться для построения систем автоматического регулирования температуры зданий и сооружений.

Проведенные исследования показывают, что:

1. Тепловой режим указанного жилого дома является нестационарным;
2. Требуется разработка новых методик расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции здания с учетом нестационарности процесса;
3. Необходимо совершенствование принципов конструирования ограждающих конструкций зданий, включая подбор материалов с учетом нестационарности процесса
4. Установлено, что необходима разработка нового алгоритма автоматического управления системой теплоснабжения здания.

Библиографический список

1. Van Straaten J.F. Thermal performance of buildings. Elsevier publishing Tie, 1967.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1969.

РЕЗЕРВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ЭНЕРГОИСТОЧНИК – ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

*Бушуев А.Н., Орский гуманитарно–технологический институт
nielsen1@mail.ru*

Картавцев С.В., МГТУ им. Г.И. Носова

В современном производстве проблема энергосбережения является больше проблемой технической, чем экономической. Данная научная проблема сводится в первую очередь к рациональному использованию и распределению всех энергоресурсов в конкретном технологическом процессе [1, 2].

Выявить резервы экономии энергоресурсов в электросталеплавильном процессе возможно, лишь сопоставив существующий уровень энергоиспользования на производстве данной отрасли с тем, который может быть достигнут за счет совершенствования процессов и оборудования, разработки и внедрения новых технологий [3].

Исследование энергетических балансов электросталеплавильных процессов и систем, как действующих, так и проектируемых, может преследовать различные цели [1]. Автором преследуется выявление возможного резерва энергосбережения производства посредством сопоставления теплосодержания производимой продукции с энергопотреблением технологического процесса. По результатам большинства исследований в схожих проблемах науки основные технологии получения стали, базирующиеся на кислородно-конвертерном и электросталеплавильном процессах (а ранее и на мартеновском), незначительно отличаются друг от друга по энергетическим затратам [1, 3]. Поэтому, можно предположить, что в ближайшее время ни совершенствование, ни полное изменение структуры технологического процесса производства электростали к значительному энергосберегающему эффекту привести не может.

По мнению автора, актуальным на сегодняшний день является особое внимание к проблеме построения системы энергообеспечения технологического процесса электросталеплавильного производства. Эффективность системы энергообеспечения напрямую обуславливает эффективность технологического процесса [4]. Наличие энергетического резерва технологического процесса выплавки стали по минимальному теплосодержанию обуславливает почву для углубленного рассмотрения данной отрасли производства [2, 5]. Но целью современной теплоэнергетики не может являться модернизация технологического процесса, перед данным направлением науки стоит задача повышения уровня полезного использования энергоресурсов в энергетическом комплексе «Энергоисточник – электросталеплавильное производство». Повысить кпд комплекса без модернизации технологического процесса производства электростали можно лишь путем воздействия на систему энергообеспечения – второе составляющее звено в комплексе, определяющее эффективность протекания технологического процесса выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи (ДСП).



Алгоритм расчета системы энергообеспечения в едином энергетическом комплексе с электросталеплавильным производством

При углублении в данную теорию посредством математических расчетов можно показать, что энергетическая эффективность технического комплекса в целом в большей мере определяется состоянием энергетического источника, а именно параметрами рабочего тела в источнике и используемой схемой выработки энергии. При сопоставлении к.п.д. технологических процессов выработки

энергии в целях энергообеспечения электросталеплавильного производства с величинами к.п.д. теоретически достижимыми для данных процессов, можно судить о степени совершенства системы энергообеспечения, а, следовательно, и всего технологического комплекса в целом [4, 5].

Только анализ всевозможных технологических схем энергетического источника может дать оценку возможного повышения энергетической эффективности производственного процесса выплавки стали на базе ДСП без существенной модернизации самого процесса. Для этого рассчитываются полные энергетические балансы комплекса «Энергоисточник – электросталеплавильное производство» с оценкой эффективности основных вариантов генерации электрической энергии и рассмотрением способов интенсификации электросталеплавильного процесса посредством подвода дополнительного тепла [2, 4]. Примерный алгоритм расчета энергоисточника на базе энергобаланса комплекса в целом представлен на рисунке. Данный алгоритм расчета обеспечивает рассмотрение различных схем выработки как тепловой, так и электрической энергии. В свою очередь, j -я схема учитывает возможные комбинации используемых энергоресурсов при выработке i -й энергии, что формулирует j -ю технологию энергообеспечения электросталеплавильного процесса [1, 4]. Приведенный алгоритм дает оценку возможной экономии энергии при производстве стали в ДСП за счет повышения эффективности производства основных энергоносителей для технологического процесса электросталеплавильного производства. Все исходные данные, необходимые для расчетов, могут приниматься по среднеотраслевым показателям, или по показателям действующих предприятий.

Рассмотрение энергетических балансов различных вариантов энергетического комплекса на базе приведенной методики может выявить возможную экономию использования первичных и вторичных энергоресурсов при выработке электрической и тепловой энергии в целях энергообеспечения технологического процесса электросталеплавильного производства, что может обеспечить снижение себестоимости производимой электростали.

Библиографический список

1. Степанов В.С. Потенциал и резервы энергосбережения в промышленности / В.С. Степанов, Т.Б. Степанова. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 248 с.
2. Березовский Н.И. Технология энергосбережения: учебное пособие / Н.И. Березовский, Е.К. Костюкевич. Минск: БИП-С Плюс, 2007. 152 с.
3. Энергосбережение на промышленных предприятиях: учебное пособие / под ред. проф. М.И. Яворского. Томск: Изд. ТПУ, 2009. 134 с.
4. Основы современной энергетики / Под общей ред. чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. 3-е изд. перераб. и доп. М.: МЭИ, 2008. 576 с.
5. Злобин А.А. Основные концептуальные положения энергосбережения на предприятиях черной металлургии / А.А. Злобин, В.Н. Курятов, А.П. Мальцев // Экологические системы. 2007. № 5. С. 22–28.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ДИСБАЛАНСА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ В МАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКАХ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

*Вавилов В.Е., Охотников М.В., Дуракова В.С.
Уфимский государственный авиационный технический университет
S2_88@mail.ru*

Применение в электромеханических преобразователях энергии (ЭМПЭ) магнитных подшипников МП, обозначает ряд задач, одной из которых является разработка автоматизированной системы контроля и управления положением ротора вращающегося в магнитных подшипниках.

При эксплуатации магнитных подшипников в ЭМПЭ механические силы (сила тяжести, центробежная сила) стремятся сместить ось ротора с напрессованным на нее внутренним подшипниковым кольцом относительно оси внешнего подшипникового кольца, тем самым возникает эксцентриситет. При смещении осей возникает неравномерность рабочего зазора МП и неуравновешенность электромагнитных сил в МП, которая вызывает неустойчивость подшипника и всей системы в целом. Неустойчивость системы приводит к аварийным ситуациям, в результате которых ежегодно выходят из строя до 10 % применяемых ЭМПЭ. Например, 60 % скважных электронасосных агрегатов ломаются чаще одного раза в году. Выход из строя ЭМПЭ приводит к значительному материальному ущербу, связанному с простоем технологических процессов, устранением последствий аварий и ремонтом вышедшего из строя ЭМПЭ. Помимо этого, работа в аварийных режимах ведет к повышенному энергопотреблению из сети, увеличению потребляемой реактивной мощности [1]. Также последствием эксцентриситета является снижение электробезопасности и пожаробезопасности, связанное с возможными короткими замыканиями, которые могут присутствовать в обмотке статора или ротора поврежденного ЭМПЭ.

С целью снижения величины статического эксцентриситета до минимального уровня (15 % при больших зазорах и 7 % при малых зазорах) в МП используются автоматизированные системы контроля и управления положением ротора (АСКиУПР), задачей которых является создание в рабочем зазоре МП силового усилия, уравнивающего дисбаланс электромагнитных сил в МП [2].

Таким образом, важно при проектировании АСКиУПР МП оценивать значение дисбаланса электромагнитных сил МП в зависимости от эксцентриситета.

На основе проведенного авторами математического моделирования дисбаланса электромагнитных сил МП разработано оригинальное программное обеспечение «GML01». Разработанное программное обеспечение позволяет численно оценивать значение дисбаланса электромагнитных сил МП в зависимости от геометрических, технологических и эксплуатационных параметров МП.

Алгоритм «GML01» реализован в программном коде с использованием объектно-ориентированного языка программирования *VisualBasic 6.0*.

Программа «GML01» обладает открытым кодом, изменением которого задаются основные параметры, необходимые для расчета, рис. 1.

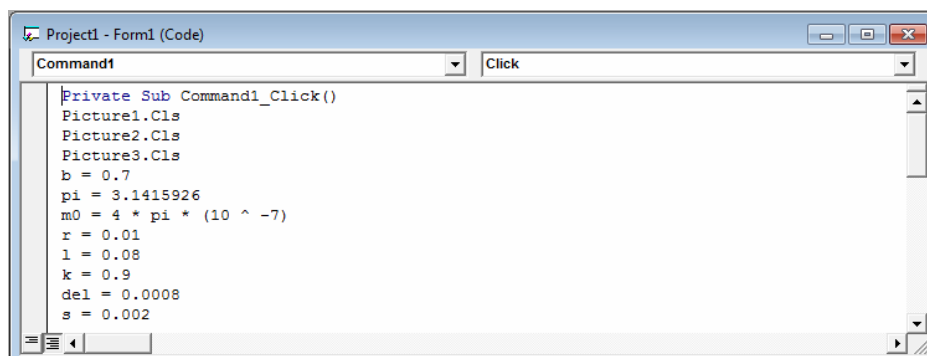


Рис. 1. Рабочая область программы «GML01»

Запуск основного алгоритма программы осуществляется нажатием на клавиатуре *F5*. При этом появляется диалоговое окно результатов, рис. 2.

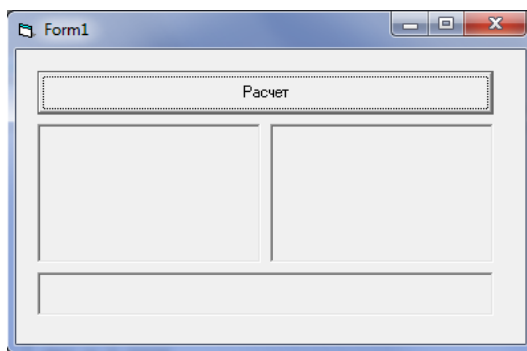


Рис. 2. Диалоговое окно результатов программы «GML01»

Нажатием кнопки «Расчет», в окне результатов выдаются численные результаты расчета.

Процесс расчета ведется двумя различными способами. В окне результатов выдаются значения для обоих способов и погрешность, рис. 3.

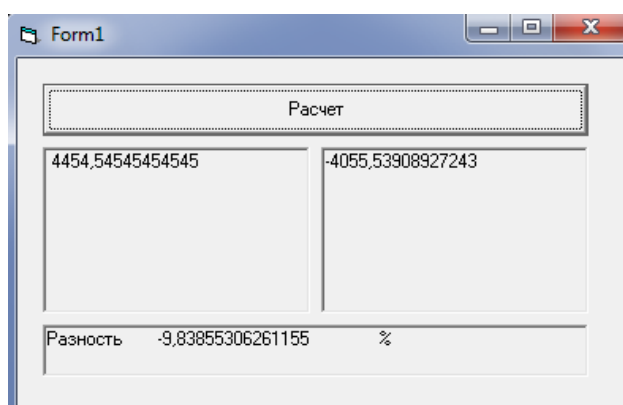


Рис. 3. Результаты расчета программы «GML01»

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет численно оценивать значение дисбаланса электромагнитных сил МП в зависимости от эксцентриситета, что является определяющим фактором при проектировании автоматизированных систем контроля и управления положением ротора МП.

Библиографический список

1. Защита от аварийных режимов работы асинхронных электродвигателей [Электронный ресурс]: URL: <http://www.normalizator.com/manuals/articles/motor-protection>
2. Хайруллин И.Х., Вавилов В.Е., Пашали Д.Ю., Охотников М.В. Микропроцессорная автономная система управления узлами сверхвысокоскоростных магнитоэлектрических машин // Электроника, автоматика и измерительная техника: межвузовский сборник научных трудов с международным участием. Уфа: УГАТУ, 2011. 311 с.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ В ТРУБОПРОВОДАХ

*Васильева Н. А., Варфоломеева О. И., Хворенков Д. А., Попов Д. Н.
Ижевский государственный технический университет
tguug@istu.ru*

В связи с широким использованием в технологических процессах ряда отраслей промышленности псевдопластичных и вязкопластичных жидкостей, исследование их течений, сопряженных с тепломассопереносом представляют большой интерес. К таким отраслям относятся энергетика, металлургическая, химическая и пищевая промышленности, нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли, а также ряд других.

Определенные сложности выбора способа решения подобных задач возникают в связи с тем, что не удается получить аналитические решения даже для простых видов течений, а также существуют трудности и при их численном моделировании.

В данной работе рассматриваются возможные подходы к решению описанного класса задач на примере турбулентного неизотермического течения не-реологической жидкости в плоском канале.

Для анализа влияния реологических свойств на картину течения, выполнены следующие этапы:

1. решение дифференциальных уравнений пограничного слоя в частных производных для мазута марки М100 без учета его реологических свойств;
2. аналитический расчет поля скоростей в плоском канале при течении не-реологической жидкости;
3. анализ результатов.

Для реализации первого этапа исследования была разработана математическая модель, включающая систему нестационарных дифференциальных уравнений Навье-Стокса:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla(V \otimes V) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla((\mu + \mu_t)(\nabla V + (\nabla V)^T)) + S; \nabla V = 0,$$

уравнение энергии $\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(Vh) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho}.$

Турбулентность описывалась уравнениями $k-\varepsilon$ модели. Уравнения решались в трехмерной постановке. Расчетная область с указанием границ приведена на рис. 1.

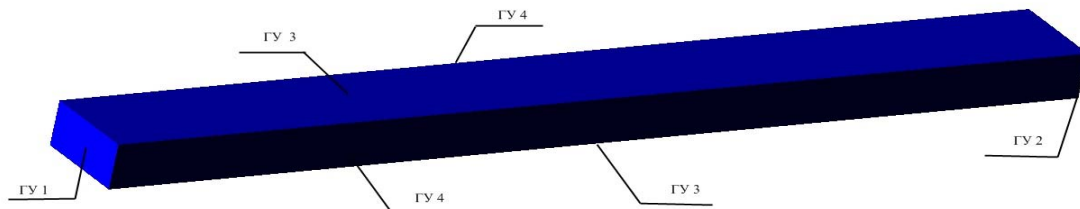


Рис. 1. Расчетные области плоского канала

Граничные условия:

ГУ 1 «Вход» $v = 1 \text{ м/с}$; $t = 80^\circ \text{C}$;

ГУ 2 «Выход» $p = p_{\text{атм}}$; $dt/dx = 0$;

ГУ 3 «Стенка» $v = 0 \text{ м/с}$; $t = 60^\circ \text{C}$;

ГУ 4 «Стенка с проскальзыванием» $dv/dz = 0$; $dt/dz = 0$.

На входной границе задавались условия постоянства.

В результате расчета были получены поля скоростей в расчетной области. Из рис. 2 видно, что поле течения характеризуется высокими локальными скоростями в центральной области плоского канала. При нулевых температурах вдоль стенок плоского канала образуется приграничный слой, поскольку его температура застывания колеблется около 25°C , и вследствие этого снижается скорость.

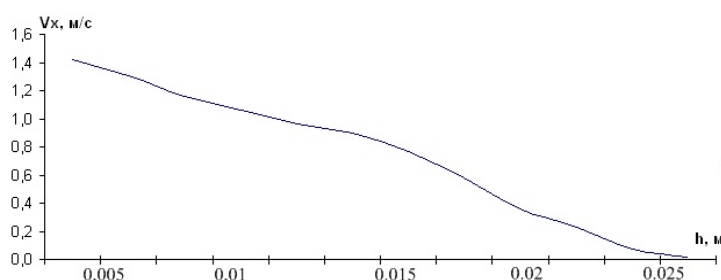


Рис. 2. Распределение скоростей в расчетной области плоского канала.
Результат численного эксперимента

По методике, приведенной в [2], выполнен расчет для установившегося течения несжимаемой жидкости со степенным реологическим законом в плоском горизонтальном канале, исследовано распределение скоростей, при $n=1$, $n \rightarrow \infty$ и $n \rightarrow 0$.

При установившемся течении вдоль оси x : $v_y = v_z = 0$, $g_x = g_z = 0$, $g_y = g$

$$v_x = -\frac{1}{k^{\frac{1}{n}}} \left(\frac{dp}{dx} \right)^{\frac{1}{n}} \frac{n}{1+n} \left(\left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{(1+n)}{n}} - (y)^{\frac{(1+n)}{n}} \right) \quad (1)$$

где $k = 1 \text{ Па} \cdot \text{с}^2$ – показатель адиабаты, $h = 50 \text{ мм}$ – высота канала.

Максимальная скорость (при $y = 0$):

$$v_{\max} = -\frac{1}{k^n} \left(\frac{dp}{dx} \right)^{\frac{1}{n}} \frac{n}{1+n} \left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{(1+n)}{n}} \quad (2)$$

$v_{\max} = 1$ м/с – максимальная скорость по результатам расчета.

Исследование проводилось для безразмерной скорости, воспользовавшись уравнениями (1), (2):

$$\frac{v_x}{v_{\max}} = 1 - \left(\frac{y}{h} \right)^{\frac{(1+n)}{n}} \quad (3)$$

Получаем:

при $n=1$
$$\frac{v_x}{v_{\max}} = 1 - \left(\frac{y}{h} \right)^2, \quad (4)$$

при $n \rightarrow \infty$
$$\frac{v_x}{v_{\max}} \rightarrow 1 - \frac{y}{h}, \quad (5)$$

при $n \rightarrow 0$
$$\frac{v_x}{v_{\max}} \rightarrow 1 - \left(\frac{y}{h} \right)^{\infty} \quad (6)$$

Уравнения (4)-(6) проиллюстрируем графически (рис.3).

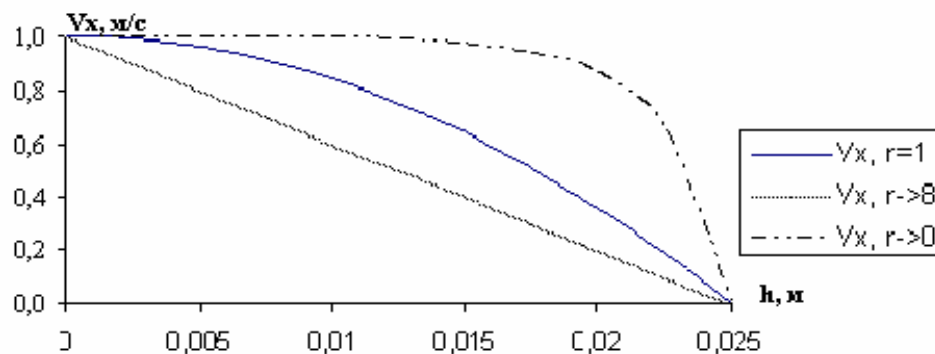


Рис. 3. Распределение скоростей для жидкости со степенным реологическим законом.
Результат аналитического решения

Сравним полученные результаты:

$$\Delta = \frac{v_{ч.р} - v_{а.р}}{v_{ч.р}} \cdot 100\% ;$$

$$\Delta = \frac{1,137 - 0,99}{1,137} \cdot 100\% = 12,9\% .$$

Подтверждена расчетами необходимость учета реологических свойств жидкостей при моделировании и расчете течения неньютоновской жидкости (на примере мазута М100) по трубопроводам.

Библиографический список

1. Назмеев Ю.Г. Мазутные хозяйства ТЭС. М.: МЭИ, 2002. 612 с.
2. Борзенко Е. И. Численное моделирование течений реологически сложной жидкости в плоских каналах. Томск: Изд-во ТГУ, 2009. 19 с.
3. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред. СПб.: Наука, 2000. 357 с.

УЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ СИТУАЦИИ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РЕГИОНА

*Ведерников С.А., Мызин А.Л.
УрФУ, E-mail: vsaustu@mail.ru*

Необходимость учета факторов неопределенности, роль которых в современной экономике существенно повысилась, приводит к необходимости применения сценарного подхода при разработке энергетической стратегии страны и ее регионов. Это повышает значимость решения задачи оценки вариантов (сценариев) развития по критериям энергетической безопасности (ЭнБ).

Разработан методический подход к диагностированию ЭнБ региона, основанный на индикативном анализе действия угроз безопасности [1]. Диагностирование осуществляется по индикативным блокам, одним из которых является блок индикативных показателей (индикаторов) энергосбережения и энергоэффективности. В состав индикаторов блока включены такие показатели, как энергоемкость валового регионального продукта (ВРП), удельные расходы топлива на производство электрической и тепловой энергии, удельные потери энергии в электрических и тепловых сетях. Для определения степени действия негативных факторов выделены три уровня состояния безопасности: нормальное (Н), предкризисное (ПК) и кризисное (К). Степень углубления кризисности фиксируется выделением в каждом из двух последних уровней (ПК и К) по три подуровня (например, К1, К2, К3). Для различения состояний по индикатору вводятся его пороговые уровни (пороги) как граничные значения между двумя смежными зонами кризисности. Иначе говоря, индикаторы выполняют роль критериальных показателей безопасности.

Разработана методика диагностирования степени кризисности территории по состоянию ЭнБ по сценариям стратегии развития ТЭК Свердловской области на период до 2020 года [2]. В Стратегии [2] рассмотрены два базовых сценария энергетического развития: инновационный и стабилизационно-инерционный. Дополнительно на основе прогнозирования показателей социально-экономического и энергетического развития нами был предложен третий, промежуточный сценарий, названный вероятным. В соответствии с методикой диагностирования последовательно были получены прогнозные показатели развития ситуации по индикаторам, их блокам и ситуации по ЭнБ в целом по сценариям энергетической стратегии.

Расчеты динамики изменения состояния ЭнБ Свердловской области были выполнены для ретроспективного периода 2000-2009 гг. и перспективного 2010-2020 гг. в рамках анализа энергетической безопасности по сценариям Стратегии [2]. Их результаты выборочно представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты расчетов динамики комплексной оценки энергетической безопасности Свердловской области и оценки по блоку энергосбережения и энергоэффективности за 2000-2009 гг. и по вероятному сценарию энергетической стратегии

2000г.	2005г.	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.	2015г.	2020г.
Комплексная оценка энергетической безопасности, НО/Сит.								
1,435/ К2	0,998/ ПК3	0,752/ ПК3	0,789/ ПК3	0,825/ ПК3	0,805/ ПК3	0,758/ ПК3	0,471/ ПК2	0,274/ ПК1
Оценка по блоку энергосбережения и энергоэффективности, НО/Сит.								
0,799/ ПК3	0,853/ ПК3	0,929/ ПК3	1,089/ К1	1,092/ К1	1,059/ К1	1,036/ К1	0,926/ ПК3	0,511/ ПК2
Оценка по индикатору энергоемкости ВРП, кг у.т./руб./Сит.								
228,4/ ПК3	146,4/ ПК1	127,9/ ПК1	141,4/ ПК1	136,6/ ПК1	130,3/ ПК1	124,2/ ПК1	93,8/ Н	55,2/ Н
Оценка по индикатору удельного расхода топлива на производство электроэнергии, г у.т./кВт.ч/Сит.								
351,7/ ПК3	354,2/ ПК3	360/ К1	372/ К2	372,5/ К2	373/ К2	374/ К2	370/ К1	353,5/ ПК3

Примечание: НО – нормализованная оценка; Сит. – характер ситуации.

Таблица 2

Результаты расчетов комплексной оценки прогнозной динамики энергетической безопасности и оценки по блоку энергосбережения и энергоэффективности

Инновационный сценарий					Инерционный сценарий				
2010г.	2011г.	2012г.	2015г.	2020г.	2010г.	2011г.	2012г.	2015г.	2020г.
Комплексная оценка, НО/Сит.									
0,763/ ПК3	0,683/ ПК3	0,595/ ПК2	0,15/ ПК2	0,25/ ПК1	0,85/ ПК3	0,838/ ПК3	0,824/ ПК3	0,585/ ПК2	0,359/ ПК1
Оценка по блоку энергосбережения и энергоэффективности, НО/Сит.									
1,081/ К1	1,044/ К1	1,016/ К1	0,889/ ПК3	0,489/ ПК2	1,103/ К1	1,083/ К1	1,059/ К1	0,933/ ПК3	0,583/ ПК2
Оценка по индикатору энергоемкости ВРП, кг у.т./руб./Сит.									
136/ ПК1	129,5/ ПК1	123,6/ ПК1	89,5/ Н	49,3/ Н	137,3/ ПК1	132,4/ ПК1	127,7/ ПК1	101,1/ Н	64,4/ Н
Оценка по индикатору удельного расхода топлива на производство электроэнергии, г у.т./кВт.ч/Сит.									
372,5/ К2	373/ К1	374/ К1	370/ К1	352/ ПК3	372,5/ К2	373/ К2	374/ К2	370/ К1	355/ ПК3

Ситуация по ЭНБ в целом заметно улучшалась в период 2000-2008 гг. Если в начале этого периода она была на уровне угрожающего кризиса (К2), то к концу этого периода достигла предкризисной стадии, хотя и критической (ПК3). Кризис 2008-2009 гг. несколько ухудшил ситуацию, что приведет к тому, что до 2012 года включительно она мало изменится и восстановится лишь до уровня 2008 года по вероятному сценарию, несколько хуже будет по инерционному и лишь по инновационному перейдет в более легкую стадию развивающегося предкризиса (ПК2). Этой стадии по двум другим сценариям ЭНБ достигнет лишь к 2015 году.

В период 2015-2020 гг. прогнозируется существенное улучшение ситуации по всем сценариям развития, и она улучшится до начальной предкризисной стадии (ПК1).

Оценка степени кризисности по блоку энергосбережения и энергоэффективности в течение всего ретроспективного периода только ухудшалась, в результате чего Свердловская область от предкризисной стадии (ПК3) перешла в кризисную, хотя и нестабильную (К1). До 2012 года улучшение практически не предвидится, и лишь к 2015 году ситуация из кризисной перейдет в предкризисную (ПК3 по всем сценариям). К 2020 году улучшение продолжится, хотя и незначительно (до ПК2).

Полученные оценки по выделенным индикаторам показали их разнонаправленность. Если ситуация по энергоемкости ВРП заметно улучшилась в период 2000-2009 гг., перейдя из предкризисно критической (ПК3) в начальную (ПК1) стадию, а в перспективном периоде прогнозируется ее дальнейшее улучшение вплоть до нормализации к 2020 году, то по индикатору удельного расхода топлива на производство электроэнергии положение меняется иным образом. В ретроспективном периоде 2000-2009 гг. положение неуклонно ухудшалось, перейдя из предкризисной в кризисную угрожающую зону (К2). В дальнейшем прогнозируется улучшение, но оно по вероятному и инерционному сценариям к 2020 году не достигнет даже уровня 2000 года, и лишь по инновационному сценарию выйдет на этот уровень. Такое положение объясняется катастрофическим старением генерирующих мощностей электростанций Свердловской области, не компенсируемым вводом новых мощностей.

По итогам исследований можно сделать вывод о полезности предложенной методики диагностирования ЭНБ региона по состоянию энергосбережения и энергоэффективности как в ретроспективном, так и в перспективном периоде.

Библиографический список

1. Отраслевые и региональные проблемы формирования энергетической безопасности / Под. ред. А.А. Куклина и А.Л. Мызина. Екатеринбург: Изд. ИЭ УрО РАН, 2008. 384 с.
2. Стратегия развития топливно-энергетического комплекса Свердловской области до 2020 года. Екатеринбург: Мин-во энергетики и ЖКХ Свердл. обл., 2010. 68 с.

К ВОПРОСУ О РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*Ветошкина М.В., Хворенков Д.А., Варфоломеева О.И., Шутков В.С.
Ижевский государственный технический университет
tguug@istu.ru*

В настоящее время одной из основных проблем, решаемых в России, является эффективность и рациональность использования энергетических ресурсов, что отражено в Федеральном законе № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Энергетическая эффективность

теплоисточников, в первую очередь, зависит от потерь, которые возникают при генерации теплоты. Наиболее существенные потери – это потери с уходящими газами, поэтому эффективность энергосберегающих мероприятий по утилизации теплоты продуктов сгорания дает ощутимый результат. Высокие температуры уходящих газов поддерживают для предотвращения конденсации коррозионно-активных компонентов дымовых газов – водяных паров и паров серной кислоты.

В работе решается задача определения минимально допустимой температуры продуктов сгорания на входе в дымовую трубу, при которой еще выполняется условие отсутствия образования конденсата в дымовой трубе.

Для конкретного энергетического объекта определение такой температуры возможно выполнить на основе многофакторного эксперимента. Постоянными будут являться геометрические параметры дымовой трубы; варьируемыми независимыми параметрами – скорость и влажность (за счет перехода на другой вид топлива) дымовых газов на входе в дымовую трубу, температура наружного воздуха, термическое сопротивление ограждающих конструкций (за счет изменения толщины или материала тепловой изоляции).

Нахождение значения данной температуры возможно путем численного моделирования процессов аэродинамики и теплообмена. Математическая модель включает в себя следующие уравнения [1]:

1. Уравнения Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \nabla(\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla((\infty + \infty_t)(\nabla \vec{v} + (\nabla \vec{v})^T)) + S \quad (1)$$

2. Уравнение неразрывности:

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0 \quad (2)$$

3. Уравнение энтальпии:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(\vec{v}h) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\infty_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho} \quad (3)$$

4. Уравнения для k и ε :

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \nabla(\vec{v}k) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\infty + \frac{\infty_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right) + \frac{G}{\rho} - (\varepsilon - \varepsilon_{ini}) - F \quad (4)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \nabla(\vec{v}\varepsilon) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\infty + \frac{\infty_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right) + \frac{\varepsilon}{k} \left(C_1 \frac{G}{\rho} - C_2 f_1(\varepsilon - \varepsilon_{ini}) \right) \quad (5)$$

Геометрия модели выполнена в системе трехмерного моделирования КОМПАС. В работе рассматривается цилиндрическая стальная дымовая труба

Расчетная область (рис. 1) представляет собой участок дымовой трубы в виде сектора с углом раскрытия 90°, диаметром 400 мм и длиной 31,815 м.

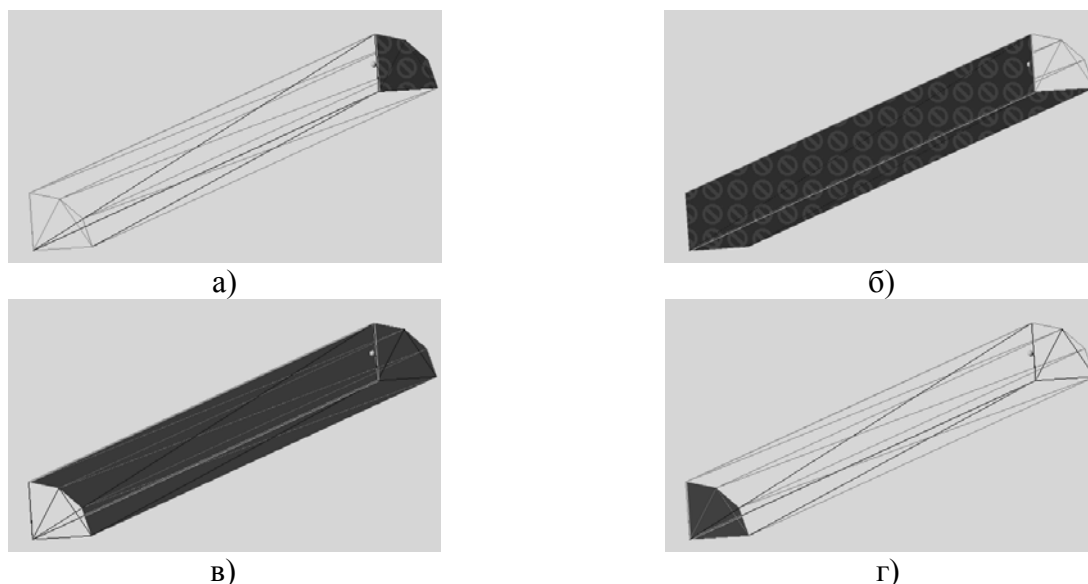


Рис. 1. Расчетная область трубы:

а) – выход потока; б) – симметрия; в) – стенка; г) – вход потока

Теплофизические свойства дымовых газов заданы функциями от температуры. Использовались следующие начальные условия: $t_{\text{нач}}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$; $v=0\text{ м/с}$; $P=101\text{ кПа}$. Граничные условия приведены в таблице.

Тип границы	Граничные условия
Вход потока	температура на стенке $100\text{ }^{\circ}\text{C}$; скорость $6 - 25\text{ м/с}$ [2].
Выход потока	$\frac{dv}{dx} = 0$; $\frac{dt}{dx} = 0$;
Стенка	скорость 0 м/с ; $\alpha_{\text{экв}}(t_{\text{стенка}} - t_{\text{нар}}) = q_w$;
Плоскость симметрии	$\frac{dv}{dn} = 0$; $\frac{dt}{dn} = 0$.

Термическое сопротивление стенки трубы с теплоизоляцией и теплообмен на наружной поверхности теплоизоляции учитывается эквивалентным коэффициентом теплообмена:

$$\alpha_{\text{экв}} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{теплоизол}}}{\lambda_{\text{теплоизол}}} \right)^{-1}. \quad (6)$$

В результате решения были получены поля скорости (рис. 2), температуры (рис. 3) и давления (рис. 4), по которым при известном составе продуктов сгорания возможно нахождение температуры точки росы во всем объеме дымовой трубы.



Рис. 2. Поле скоростей

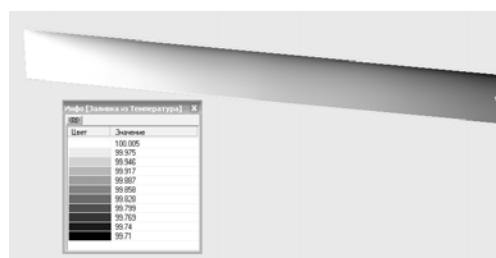


Рис. 3. Поле температур



Рис. 4. Поле давлений

Выполнение численного эксперимента позволит найти функцию регулирования температуры уходящих газов от температуры наружного воздуха, термического сопротивления ограждающих конструкций трубы, скорости и влажности продуктов сгорания на входе в дымовую трубу при отсутствии конденсатообразования. Эффект от внедрения подобного регулирования был оценен в работе [3]. Для определения степени влияния факторов на искомую функцию и вывода регрессионного уравнения планируется полный факторный эксперимент [4]. Описание поведения и прогнозирование состояния сложных технических объектов затруднено отсутствием достаточного количества математических моделей. В ряде случаев простым выходом из ситуации является использование регрессионных закономерностей, получаемых в ходе планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент является наиболее легко реализуемым среди многочисленных методов активного эксперимента.

Библиографический список

1. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision Версия 2.5.4. Руководство пользователя. ООО «ТЕСИС». М., 1999-2008. 284 с.
2. Дужих Ф.П., Осоловский В. П., Ладыгичев М. Г. Промышленные и вентиляционные трубы: Справ. пособие. М.: Теплотехник, 2004. 464 с.
3. Хворенков Д.А., Диденко В.Н., Варфоломеева О.И. Сравнительная оценка эффективности применения теплоизолированных стальных дымовых труб при использовании схемы с утилизацией теплоты продуктов сгорания // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. 2009. С. 450-453.
4. Хамханов К.М Основы планирования эксперимента. Методическое пособие для студентов специальностей 190800 «Метрология и метрологическое обеспечение» и 072000 «Стандартизация и сертификация». Улан-Удэ, 2001. 94 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКТОРА

Вольман М.А., Чусов А.О.

*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина
maria_volman@mail.ru*

Горячий реактор в отличие от холодного состояния обладает отрицательной температурной обратной связью по температуре топлива и теплоносителя. Кинетика реактора с сосредоточенными параметрами с учетом шести групп запаздывающих нейтронов представляет собой задачу Коши на основе системы взаимосвязанных нелинейных дифференциальных уравнений [1]:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{\rho - \beta}{\tau} N(t) + \sum \lambda_i N_i(t), \quad (1)$$

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{\tau} N(t) - \sum \lambda_i N_i(t), \quad (2)$$

$$m_u C_u \frac{dT_u}{dt} = N_T - kF(T_u - T_B), \quad (3)$$

$$m_B C_B \frac{dT_B}{dt} = kF(T_u - T_B) - \gamma_B C_B G(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}), \quad (4)$$

$$\rho = \delta\rho(t) + \alpha_1(T_B - T_B(0)) + \alpha_2(T_u - T_u(0)). \quad (5)$$

где $N(t)$ и ρ – число нейтронов реактора и его реактивность, β – суммарная доля запаздывающих нейтронов, τ – время жизни одного поколения мгновенных нейтронов, λ_i, N_i – постоянная распада и вклад в мощность ядер-предшественников соответствующей группы, порождающей запаздывающие нейтроны, m_u, m_B – масса топлива и теплоносителя, C_u, C_B – удельные теплоемкости топлива и теплоносителя при постоянном давлении, k – эффективный коэффициент теплопередачи от топлива к теплоносителю, F – эффективная поверхность теплообмена, γ_B, G – плотность теплоносителя на входе в зону и его расход, T_u, T_B – средние температуры топлива и теплоносителя, $T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}} = \Delta T$ – подогрев теплоносителя в активной зоне, $\delta\rho(t)$ – возмущение реактора скачком реактивности, α_1 и α_2 – коэффициенты реактивности по температуре теплоносителя и топлива, обеспечивающие саморегулирование.

В эту систему входят уравнения для нейтронной мощности реактора, шесть уравнений для запаздывающих нейтронов и два уравнения теплопередачи: для топлива и для теплоносителя. В качестве начальных условий задаются мощность реактора, вклад всех групп запаздывающих нейтронов, температуры топлива и теплоносителя, начальный скачок реактивности.

Реактор через систему трубопроводов связан с парогенератором, а он – с турбиной и оборудованием второго контура, поэтому в качестве гипотезы замыкания системы принято предположение о постоянстве температуры на входе в реактор.

Другой особенностью задачи является жесткость вышеназванной системы уравнений. Поэтому использованы алгоритмы интегрирования жестких дифференциальных уравнений [2].

Разработанная нами программа позволяет симулировать на компьютерной модели энергетического блока с реактором ВВЭР-1000 различные аварийные и переходные процессы, как на холодном реакторе, так и на реакторе в энергетических режимах.

В результате выполненного моделирования нами получены численные решения для следующих процессов:

- проанализирована динамика разгона реактора при внезапных скачках реактивности с любым заданным законом зависимости скачка реактивности от времени;
- динамика перехода с одного уровня мощности на другой;
- рассчитана кинетика глушения реактора с учетом конечного времени падения стержней СУЗ и соответствующего закона ввода отрицательной реактивности.

Точность численных решений оценена на примере разгона и глушения холодного реактора без температурных обратных связей в одnogрупповом приближении.

Библиографический список

1. Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. Иваново, ИГЭУ, 2009.
2. Кирьянов Д.В. Mathcad 13 в подлиннике. СПб.: БХВ–Петербург, 2005.

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

*Воронов Г.В., Поляков Е.В.
УрФУ, e.polyakov_88@mail.ru*

Дуговая сталеплавильная печь является одним из наиболее перспективных агрегатов металлургического производства, позволяющая интенсифицировать производство металла и выпускать самые сложные марки сталей. Для достижения высокого качества стали ДСП, как правило, работает совместно с установкой печь-ковш (УПК). Полупродукт современной дуговой печи отправляется на установку отстой и далее на УПК для доводки металла до необходимого химического состава и температуры. Вновь вводимые ДСП следует рассматривать как комбинированные сталеплавильные агрегаты с различными видами энергоносителей: электрическая энергия, природный газ, кислород, коксовая пыль.

Совершенствование технологических процессов и тепловых режимов в дуговых печах позволит экономить не только энергоносители перечисленных категорий, но и повысит продолжительность работы электродов и огнеупорной футеровки. Данная тема является перспективной и актуальной ввиду увеличения доли производимого металла в дуговых печах. Решение поставленной задачи основывается на анализе работы действующей ДСП-120 расчетными методами с использованием алгоритмов и программ материальных и тепловых балансов, аэродинамики газовой среды в рабочем пространстве и гидродинамики в ванне.

Одним из способов снижения расхода энергоресурсов, повышения эффективности работы и износоустойчивости агрегата является своевременный контроль процесса и прогнозирование результатов. Для этого нами был создан программный продукт по прогнозу и анализу плавки. Производится расчет материального баланса ДСП-120 и установки печь-ковш. Следующим этапом расчета является тепловой баланс печи. Дальнейший этап – потери теплоты при транспортировке ковша до установки «отстой» и выдержки на ней. Далее следуют потери теплоты при транспортировке ковша до УПК и тепловой баланс установки. При получении данных результатов часть величин взята как константы – неизменные параметры, такие как низшая теплота сгорания природного газа. Другие необходимые параметры, отличающие каждую плавку, оператор должен ввести самостоятельно – это такие параметры, как масса загружаемого лома и целевая температура. После проведения этих действий программа в автоматическом режиме производит расчет вышеперечисленных параметров и

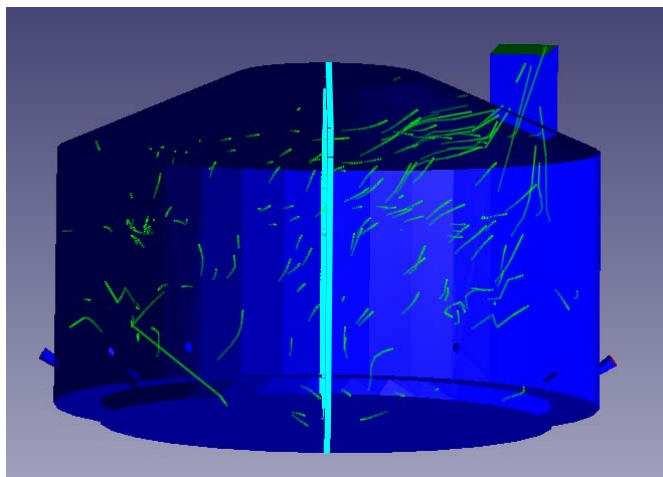
составляет прогноз плавки – потери теплоты, химический состав стали по таким параметрам как углерод, сера и марганец.

Этот программный продукт имеет возможности ввода и корректировки значений исходных данных, для достижения универсальности применения программного средства; позволяет сохранять и загружать исходные параметры, что позволяет упростить работу персонала; осуществляет программный контроль над процессом корректировки значений исходных величин для не допущения некорректной работы программы; возможность расчета материального, теплового балансов дуговой печи и установки печь-ковш, потерь теплоты при транспортировке расплава и на установке «отстой»; представление результатов расчета в численном виде; создание электронных отчетов; экспорт полученных результатов в файлы MS Excel; построение гистограмм, иллюстрирующих текущую и необходимую массу элементов в стали.

Применение данного инструмента как советчика сталевару позволит: добиться существенных результатов в таких направлениях, как коррекция расхода энергоносителей (кокс, природный газ, коксовая пыль, кислород) и тем самым снизить их потребление; такая функция программы, как прогноз химического состава стали по углероду сере и марганцу даст возможность выпускать продукцию с тонным химическим составом, уменьшив количество брака и повысив качество готовой продукции; своевременно предупреждать об износе футеровки и других конструктивных элементов печи (постепенно будут увеличиваться тепловые потери через кладку и т.д., что будет говорить о неэффективной работе печи); наглядно показывать отклонения от необходимого химического состава стали и давать рекомендации по его корректировке.

Применение в современных ДСП дополнительных энергоносителей – природного газа, кислорода, коксовой пыли вносят существенные возмущения в аэродинамический поток газовой среды рабочего пространства. На данный момент место подвода энергоносителя, способ и установка горелок не в должной мере обоснованы. Аэродинамика газовой среды в рабочем пространстве и гидродинамика расплава в ванне для рассматриваемой модели дуговой печи являются важным фактором в тепло- и массообменных процессах.

С помощью программных средств Flow Vision и Компас-3Д была создана модель движения (рисунок) и расчета траектории дымовых газов рабочего пространства дуговой сталеплавильной печи. Модель позволяет: выбрать рациональный способ подвода энергоносителей (природного газа, кислорода, коксовой пыли); разработать режим удаления дымовых газов из ДСП-120, при котором устраняется выбивание газов из рабочего пространства и подсос атмосферного воздуха через технологическое отверстие; уменьшит угар электродов и выгорание углерода кокса и обеспечить повышенный переход его в металлическую ванну; организовать окисление СО в объеме рабочего пространства печи, а не в камере дожигания, что позволит снизить расход электроэнергии.



Движение дымовых газов
в рабочем пространстве

На данный момент создается гидродинамическая модель ванны печи с помощью программных средств Компас-3Д и Ansys. Это, в свою очередь, позволит рационально расположить комбинированные горелки по периметру печи;

увеличить переход углерода кокса в металлическую ванну; интенсифицировать теплоотдачу к расплаву в ванне и массообмен с газовой средой.

Разработанные алгоритмы, модели и программное обеспечение при их использовании на действующих дуговых сталеплавильных печах позволят положительно решить рассмотренные задачи по энергосбережению – электроэнергии, природного газа, кислорода, коксовой пыли.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Гайсин Р.А., Вавилов В.Е., Охотников М.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет

www.roma-cezar@rambler.ru

Обзор современных конструкций вентильных двигателей (далее ВД), проведенный в [1, 2], показал, что они являются хорошей альтернативой некоторым машинам постоянного тока и специальным асинхронным двигателям в современных системах перспективных транспортных средств и с успехом заменяют их во многих приложениях. Это обосновано большой перегрузочной способностью по моменту, высокой надежностью и быстродействием, а также абсолютно жесткой механической характеристикой, практически неограниченным диапазоном регулирования частоты вращения, наилучшими энергетическими и массогабаритными показателями.

Одной из основных перспективных тенденций в развитии современных вентильных двигателей является стремление производителя к интеграции в единый корпус с двигателем управляющей электроники. Поэтому актуальной задачей является разработка стенда для исследовательских испытаний вентильных двигателей (СИИВД), который, благодаря идеальному подбору различных компонентов привода, интерфейса для связи компонентов приводной системы, позволяет исследовать процессы в ВД, максимально приближаясь к интегрированному исполнению.

СИИВД предназначен для измерений параметров ВД, исследования принципа действия ВД и его системы управления, а также статистических и динамических характеристик. СИИВД является гибким, в конструктивном и

программном отношении, объектно-компонентным решением, ориентированного на заданный тип электромеханического агрегата. Имеет минимальные массогабаритные показатели. СИИВД позволяет решать следующие задачи: измерение параметров ВД (напряжения питания ВД, среднего потребляемого тока также фазных токов и напряжений, частоты вращения вала двигателя, вращающего момента), а также определение электромеханической постоянной времени, механической и электрической мощности, КПД двигателя; расчет и графическое отображение в реальном времени на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) статических и динамических характеристик при различных режимах работы ВД (пуск, торможение, холостой ход, номинальный режим); осциллографирование фазных токов и напряжений ВД, а также сигналов датчика положения ротора; автоматизация работы стенда, повышение точности и быстродействия измерений за счет использования микропроцессорного управления основными блоками стенда; расширение диапазона мощностей исследуемых ВД (от 110 Вт до 1500 Вт).

Область применения СИИВД: исследовательские испытания при внедрении перспективного электропривода на базе ВД; проведение лабораторных работ «Исследование характеристик вентильных двигателей» по дисциплинам «Автоматизированный электропривод» и «Электрические машины». К стенду разработано руководство пользователя и методическое обеспечение. СИИВД состоит из приборного блока и электромеханического агрегата. Электромеханический агрегат включает исследуемый двигатель *BLZ364S-48V-3500* с номинальной мощностью 1 кВт и нагрузочное устройство, в качестве которого используется двигатель постоянного тока (ДПТ), работающий в режиме динамического торможения. Ротор ВД выполнен на основе постоянных магнитов – *Ne-Fe-B*, и имеет восемь полюсов. В составе датчика положения ротора, необходимого для коммутации ВД, используются датчики Холла.

Приборный блок (ПБ) СИИВД состоит из: Переключательной и пускорегулирующей аппаратуры; Блока питания; Драйвера ВД *MDC151-050601*; Электроизмерительных приборов; Электронного блока и графического ЖКИ. Внутри ПБ вмонтированы блок питания, нагрузочное устройство, драйвер ВД и плата электронного блока. На лицевой панели размещены электроизмерительные приборы, органы управления двигателем и нагрузочным устройством, ЖКИ, электрические разъемы, сигнальные лампы. Электрические разъемы предназначены для отключения силового кабеля питания и электромеханического агрегата. С помощью силового кабеля ПБ подключается к сети переменного тока 220 В, 50 Гц. Блок питания *PSP-1500-48* фирмы *Mean Well* обеспечивает стабилизированное постоянное напряжение 48 В и развивает максимальную мощность 1,5 кВт [3]. Драйвер ВД *MDC151-050601* фирмы *Anaheim Automation* обладает основными функциями, которые необходимы для работы приборного блока: доступ к контуру скорости; наличие регулируемого замкнутого контура тока (драйвер снабжен поцикловым ограничением тока); возможность регулирования частоты вращения вала ВД; контроль частоты вращения; осуществление реверса и динамического торможения ВД; опциональное изменение времени разгона ВД.

Электронный блок представляет собой плату микроконтроллера, необходимую для управления ЖКИ фирмы *Winstar wg320240b* [4]. Для микроконтроллера авторами разработано специальное программное обеспечение. Переключатель «*Enable*» производит подключение и обесточивание двигателя, а «*Run/Stop*» в положении *Run* обеспечивает ускорение двигателя в течение выбранного времени (с помощью переключателей *Ramp Profile* возможно установить значение в 0,5 с, 1 с, 2 с, 4 с), в положении *Run/Stop* способствует динамическому торможению двигателя. Переключатель «*Direction Control*» производит реверс ВД. Сигнальная лампа «*Fault*» сигнализирует о неправильном порядке подключения датчиков Холла или фаз двигателя, а также о превышении тока. Частота вращения вала ВД плавно регулируется потенциометром «*Speed Control*». Статические и динамические характеристики снимаются как при разомкнутом, так и при замкнутом контуре скорости. Соответствующий режим выбирается переключателем «*Speed Loop*» на лицевой панели стенда. Режим разомкнутого контура скорости используется в тех случаях, когда скорость двигателя должна изменяться согласно изменениям нагрузки. В режиме замкнутого контура скорости драйвер, используя обратную связь с датчиков Холла, обеспечивает постоянство выбранной частоты вращения ВД, несмотря на изменение нагрузки. Для определения частоты вращения вала двигателя используется специальный выход контроля скорости драйвера ВД, который обеспечивает пульсирующий сигнал напряжением 5 В. Частота вращения двигателя, об/мин, отображается на экране ЖКИ. Вращающий момент вычисляется контроллером с помощью постоянной момента ВД (k_M [Н·м/А]) и тока, измеренного с помощью датчика тока. Характеристики СИИВД: потребляемая мощность 1350 Вт, вес 40 кг, габаритные размеры ПБ 480×420×250 мм.

Разработанный СИИВД позволяет автоматизировать процесс исследования статических и динамических характеристик ВД при различных режимах работы, при этом графики динамических процессов отображаются на графическом ЖКИ. Перспективной задачей является возможность создания на базе СИИВД виртуальной лаборатории.

Библиографический список

1. Вентильные двигатели [Электронный ресурс]: Материалы сайта «*Anaheim Automation*» URL: <http://www.anaheimautomation.com>
2. Основные технические особенности вентильных двигателей [Электронный ресурс]: Материалы сайта «Мирпром» URL: <http://www.mirprom.ru>
3. AC/DC преобразователь: PSP-1500-15 – описание, документация [Электронный ресурс]: Материалы сайта «Компэл» URL: <http://catalog.compel.ru>
4. ЖКИ модуль WG320240B-TFB-TZ (Winstar) [Электронный ресурс]: Материалы сайта «Компэл» URL: <http://catalog.compel.ru>

К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАБИНЫ ЛИФТА

Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И.
УрФУ, e-mail: alexzander@mail.ru

В ФГУП НПОА «ОКБ Автоматика» разработан вентильный двигатель кабины лифта обращенной конструкции мощностью 4 кВт (рис. 1). Главной особенностью двигателя такой конструкции является ротор, охватывающий снаружи статор [1]. Ротор изготавливается с использованием постоянных магнитов из материалов неодим-железо-бор. В такой конструкции отсутствуют проблемы, связанные с креплением постоянных магнитов на роторе, магниты крепятся на ротор с помощью специального клея. Магниты выполняют функцию возбуждителя, поэтому у двигателя отсутствует обмотка возбуждения и щеточный токоснимающий контакт. Статор имеет конструкцию, подобную конструкции якоря машины постоянного тока (рис. 2). Он состоит из корпуса с полым валом, сердечника из электротехнической стали и трехфазной обмотки, уложенной в пазы по внешнему периметру сердечника. Для снижения удельных потерь, уровня механических шумов, уменьшения реактивных моментов трехфазная обмотка статора распределяется в пространстве таким образом, чтобы обеспечить форму магнитного поля, близкую к синусоидальной. Это достигается за счет определенного соотношения числа зубцов статора и полюсов ротора в соответствии с патентом [2].

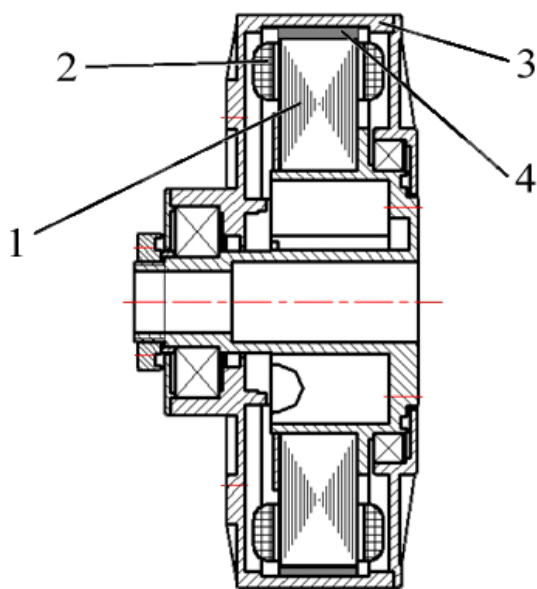


Рис. 1. Конструкция вентильного двигателя кабины лифта:

1 – статор; 2 – обмотка статора;
3 – ротор; 4 – постоянный магнит



Рис. 2. Сегмент сердечника статора вентильного двигателя

Главным достоинством конструкции двигателя являются низкие шумы за счет применения обращенной конструкции и запатентованной обмотки.

Однако вентильный двигатель данной конструкции имеет существенные недостатки:

- высокая стоимость из-за применения постоянных магнитов;
- применение всыпной обмотки в глубокие пазы статора;
- проблемы обеспечения допустимого уровня нагрева обмотки статора: основной тепловой поток во внешний воздух идет преимущественно через ротор. В обращенной конструкции создаются дополнительные перепады температуры, что приводит к значительному перегреву обмотки статора. Как показали испытания опытно-промышленного образца двигателя, перегрев обмотки статора значительно превышал допустимые значения. Это потребовало использования ряда технических решений для интенсификации охлаждения.
- сложность конструкции и технологии изготовления;
- применение разных по габаритам подшипников.

Недостатками постоянных магнитов является их высокая стоимость и хрупкость. Высокая цена материалов для постоянных магнитов определяется применением в нём дорогих редкоземельных металлов, основные запасы которых находятся в недрах Китая. В настоящее время стоимость постоянных магнитов относительно невелика, но с течением времени Китай будет контролировать производство и определять стоимость постоянных магнитов.

Применение постоянных магнитов усложняет технологию изготовления двигателя. На участках изготовления ротора и сборки требуется высокий уровень чистоты и отсутствие металлической пыли и стружки. Из-за сил магнитного тяжения, возникающих вблизи стальных деталей и сердечников, достигающих десятков и сотен килограмм, при сборке ротора с постоянными магнитами требуются специальные приспособления, а также специальное оборудование для заведения статора в ротор.

Применение всыпной обмотки статора и укладка ее в узкий и глубокий паз (рис. 2) снижает надежность двигателя и усложняет технологию изготовления. При укладке витков через узкий шлиц паза и необходимости рихтовки катушек появляется вероятность повреждения изоляции провода. Из-за неконтролируемой укладки витков напряжение соседних витков может быть равным напряжению катушки. Это повышает вероятность пробоя изоляции. Кроме того, обращенная конструкция двигателя потребовала снижения габаритов статора и повышения плотности тока в обмотке, что увеличивает электрические потери и создает проблемы по обеспечению допустимого уровня нагрева.

Таким образом, надо рассматривать альтернативные конструкции двигателей, где отсутствуют постоянные магниты и всыпные обмотки.

Для исключения вышеперечисленных недостатков на кафедре «Электрические машины» было принято решение применить в качестве двигателя кабины лифта мощностью 4 кВт вентильный индукторный двигатель. Вентильный индукторный двигатель (ВИД) – это индукторная синхронная машина, в которой преобразование энергии осуществляется за счет изменения индуктивностей об-

моток, расположенных на явно выраженных зубцах статора, при перемещении относительно них зубчатого магнитопровода ротора. В основе принципа действия ВИД лежит физическое явление, проявляющееся в том, что на ферромагнитное тело в магнитном поле действует механическая сила притяжения (электромагнитная), которая стремится переместить это тело в область с наибольшей интенсивностью поля [3].

Конструкция этого типа двигателя исключает вышеперечисленные недостатки и имеет следующие достоинства в отличие от предыдущей конструкции двигателя:

- отсутствие всыпной обмотки;
- простота и технологичность конструкции;
- низкая себестоимость;
- большой срок службы, высокая надёжность и ремонтпригодность, и повышенный ресурс работы;
- низкий перегрев электродвигателя.

Недостатком такой конструкции является достаточно высокий уровень электромагнитных шумов и вибраций.

Магнитная система вентильного индукторного двигателя состоит из шихтованных сердечников статора и ротора, имеющих явно выраженные зубцы (рис. 3).

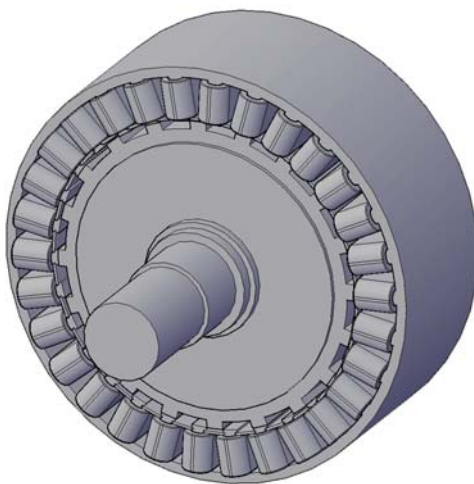


Рис. 3. Статор и ротор вентильного индукторного двигателя

Ротор расположен внутри статора. На роторе отсутствуют обмотки, постоянные магниты и какие бы то ни было системы возбуждения (такой ротор называют пассивным). Из-за большого внутреннего диаметра сердечника ротора, сердечник насаживается на втулку, а втулка уже на вал. На зубцах сердечника статора размещена обмотка статора в виде простейшей формы отдельных сосредоточенных катушек. При изготовлении обмотки статора катушки послойно наматываются на шаблон, заливаются, запекаются, насаживаются на зубцы статора и крепятся с помощью клина. При такой упорядоченной намотке напряжение между соседними витками не превышает напряжения двух слоев, следова-

тельно, уменьшается вероятность пробоя. При применении сосредоточенных катушек обмотки уменьшается трудоёмкость изготовления, увеличивается надёжность и срок службы двигателя. В магнитном отношении катушки фазы могут быть соединены встречно или согласно, а в электрическом – параллельно или последовательно. Значительно упрощается сборка такого двигателя.

В данной конструкции двигателя применяется меньшая плотность тока (применяется провод обмотки большего диаметра из-за простоты технологии изготовления обмотки), что снижает электрические потери и нагрев обмотки.

Основной тепловой поток во внешний воздух идет преимущественно через сердечник статора и станину. Заданный тепловой режим обеспечивается за счет охлаждения станины. В данной конструкции перегрев обмотки статора не превышает допустимых значений.

Борьба с электромагнитными шумами достигается выбором правильного соотношения зубцов статора и ротора, а также выбором формы зубцов и зубцовых наконечников.

Библиографический список

1. Носкова М.И., Копытин П.А., Денисенко В.И. Влияние конструкции на тепловое состояние вентильного безредукторного двигателя кабины лифта // Электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии и управляемые электромеханические системы: сборник научных трудов IV Международной научно-технической конференции. Екатеринбург, УрФУ, 2011, С. 198-203, ISBN 978-5-321-01909-2
2. Патент RU 2280936 С2 Н02К 1/16 (2006.01).
3. Проектирование вентильных индукторных двигателей: методическое пособие. / Фисенко В.Г., Попов А.Н. М.: Издательство МЭИ, 2005. 56 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНОГО ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАБИНЫ ЛИФТА.

*Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И.
УрФУ, e-mail: alexzanderg@mail.ru*

На кафедре «Электрические машины» разработан эскизный проект вентильного индукторного двигателя (ВИД) и проведена технико-экономическая оценка целесообразности его применения в качестве двигателя кабины лифта по сравнению с вентильным двигателем на постоянных магнитах (ВДПМ) обращенной конструкции. Оба двигателя имеют мощность 4 кВт и номинальную частоту вращения 60 об/мин.

Выбор геометрических размеров ВИД выполнен на основе методики проектирования, приведенной в [1]. Для определения параметров и основных характеристик разработана программа электромагнитного расчета ВИД на базе пакета Mathcad 14.

Основные технико-экономические показатели ВИД и ВДПМ приведены в таблице.

Основные технико-экономические показатели

Показатели	ВИД (Сталь 3411)	ВДПМ (Сталь 2212)
D_a , мм – внешний диаметр статора	480	480
δ , мм – воздушный зазор	0,3	1
l_δ , мм – длина сердечников	180	65
j_K , А/мм ² – плотность тока	2,7	4,7
m_{Cu} , кг – масса меди	45,574	24,1
m_{Fe} , кг – масса стали	79,931	49,9
$m_{акм}$, кг – суммарная масса активных частей	124,461	78,32
I , А – номинальный ток	8,92	8
B_{ZS} , Тл – индукция в зубце статора	1,78	1,4
B_{aS} , Тл – индукция в ярме статора	1,28	1,2
$P_{эл}$, Вт – электрические потери	793,4	1122
P_c , Вт – потери в стали	96,9	157
$P_{сумм}$, Вт – суммарные потери	890,3	1279
η	0,818	0,758
Стоимость двигателя, руб.	81181,43	85729,54
Эксплуатационные расходы за год, руб.	31902,14	35089,48

Выбор ВИД в качестве двигателя кабины лифта обусловлен простотой конструкции двигателя и простотой технологии изготовления. Конструкция двигателя приведена в [2]. Обмотка статора состоит из сосредоточенных катушек простейшей формы с контролируемой укладкой витков, изготавливаемых по типу обмоток трансформаторов. Это определяет высокую надежность и долгий срок службы ВИД (не менее 20 лет).

У ВИД тепловыделение происходит в основном только на статоре, который расположен снаружи ротора, и требование обеспечения допустимого уровня нагрева достигается за счет охлаждения станины.

Простота конструкции ВИД снижает трудоемкость его изготовления. В сущности его можно изготовить даже на не специализирующемся в области электромашиностроения промышленном предприятии. Для серийного производства ВИД требуется обычное механическое оборудование – штампы для изготовления шихтованных сердечников статора и ротора, токарные и фрезерные станки для обработки валов и корпусных деталей. Также в двигателе применяются подшипники, одинаковые по габаритам.

Простота конструкции ВИД обеспечивает более высокую безотказность в работе привода лифта. Конструктивная и электрическая независимость фазных обмоток обеспечивает работоспособность двигателя даже в случае полного замыкания полюсной катушки одной из фаз.

Электрические потери ВИД снижены применением меньшей плотности тока (2,7 А/мм²), и тем самым, был получен высокий η (81,8 %). В ВИД можно выбирать более низкую плотность тока за счет простой конструкции обмотки статора.

Недостатком конструкции ВИД является достаточно высокий уровень электромагнитных шумов и вибрации. Борьба с электромагнитными шумами достигается выбором правильного соотношения зубцов статора и ротора, а также выбором формы зубцов и зубцовых наконечников.

ВИД имеет высокие массогабаритные показатели, а, следовательно, более высокие затраты на сырье, но за счет простоты технологии изготовления и отсутствия постоянных магнитов двигатель имеет низкую стоимость. Стоимость ВИД меньше стоимости ВДПМ на 5,3 %. Эксплуатационные расходы ВИД меньше эксплуатационных расходов ВДПМ на 9 %.

Таким образом, спроектированный вентильный индукторный двигатель кабины лифта имеет высокие энергетические показатели, высокую надежность, простоту конструкции и технологии изготовления, ниже стоимость и потребление электроэнергии.

Библиографический список

1. Проектирование вентильных индукторных двигателей: методическое пособие. / Фисенко В.Г., Попов А.Н. М.: Издательство МЭИ, 2005. 56 с.
2. Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И. К выбору конструкции вентильного двигателя кабины лифта // Статья в настоящем сборнике. Екатеринбург, УрФУ, 2011.

РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

*Гарифуллина Е.Р., Костарева Е.И., Кульшик О.Н., Мусихина О.В.,
Утробина В.С., Лобунец О.Д.
УрФУ, E-mail: M38072@mail.ru*

Элементы и узлы устройств радиоэлектронной аппаратуры являются важнейшими их составляющими частями. Энерго- и ресурсосбережение в области электроники предполагает всестороннее знание явлений, происходящих, в том числе, в электронных устройствах. Данные знания позволяют достичь лучших результатов при разработке, изготовлении и практическом использовании электронных устройств. Удовлетворительная подготовка специалистов для эффективной работы в области энерго- и ресурсосбережения может быть осуществлена с учетом передового опыта, накопленного в России и других странах, предполагающего достаточно широкое использование в процессе обучения информационных технологий. Применение в процессе обучения информационных технологий, в свою очередь, характеризуется высокой динамикой, разработкой все более совершенных приложений для моделирования электронных устройств. Поэтому темой выбрана разработка методического пособия для изучения устройств электроники в вузе в одной из последних версий моделирующей программы Multisim.

Основными разделами данного методического пособия являются следующие разделы:

- 1) исследование полупроводникового диода;
- 2) исследование полупроводникового стабилитрона;
- 3) исследование однофазного однополупериодного выпрямителя;
- 4) исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя;
- 5) исследование однофазного мостового выпрямителя;
- 6) исследование однофазных выпрямителей со сглаживающими фильтрами;
- 7) исследование трехфазных однополупериодных выпрямителей;
- 8) исследование трехфазных двухполупериодных выпрямителей;
- 9) исследование биполярных транзисторов;
- 10) исследование полевых транзисторов.
- 11) исследование транзисторного усилителя переменного тока;
- 12) исследование компаратора на операционном усилителе;
- 13) исследование суммирующего операционного усилителя;
- 14) исследование дифференцирующего операционного усилителя;
- 15) исследование интегрирующего операционного усилителя;
- 16) исследование транзисторного RC-генератора;
- 17) исследование логических элементов;
- 18) исследование дешифраторов;
- 19) исследование мультиплексоров;
- 20) исследование RS-триггеров;
- 21) исследование D-триггеров;
- 22) исследование JK-триггеров;
- 23) исследование статического регистра на RS-триггерах;
- 24) исследование сдвиговых регистров;
- 25) исследование триггерных счетчиков.

Каждая из частей указаний состоит из целевой установки выполнения работы, перечня оборудования, используемого при проведении эксперимента, кратких теоретических сведений, из описания порядка проведения и изложения результатов соответствующего эксперимента.

Законченная работа, по нашему мнению, может послужить более глубокому и полному изучению теории устройств электроники, что, в свою очередь, обусловит достижение более высоких результатов в области энерго- и ресурсосбережения в машиностроении и электроэнергетике.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОКИПАЮЩЕГО СЛОЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВНЕШНЕГО МАССООБМЕНА (МАССООТДАЧИ) В ПРОЦЕССАХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

*Горбунова А.М.
УрФУ, anessa.86@mail.ru*

В теплотехнологии широко встречаются процессы, сопровождающиеся испарением с поверхности раздела в окружающую среду [1], которые значи-

тельно интенсифицируются, если в качестве таковой выступает подвижная дисперсная среда в виде псевдооживленного [2] или виброкипящего слоя [3]. Однако данные по внешнему массообмену в псевдооживленном слое ограничены, а в виброкипящем слое, по-видимому, отсутствуют.

Ниже на примере сублимации тел, выполненных из нафталина, получены экспериментальные данные по коэффициентам массоотдачи β в виброкипящем слое инертного мелкозернистого материала.

Опыты проводились в вертикальном аппарате квадратного поперечного сечения размерами 100×100 мм и высотой 120 мм, который жестко крепился к столу вибростенда. Параметры вертикально направленной вибрации составляли: частота $f = 35 \div 55$ Гц, амплитуда $A = 0,4 \div 1,4$ мм. При этом относительное ускорение вибрации $K = A(2\pi f)^2/g$ не превышало 15. Сыпучим материалом служил электрокорунд узких фракций с размером частиц $d_T = 0,12, 0,25, 0,4, 0,63$ и $1,25$ мм. Высота слоя составляла $H_0 = 60$ мм.

Коэффициент массоотдачи β определялся для тел сферической формы диаметром $12 \div 15$ мм и рассчитывался по известному уравнению массоотдачи (аналогу уравнения Ньютона-Рихмана), записанному через парциальные давления паров нафталина на поверхности тела, занимающего фиксированное положение в слое, и вдали от поверхности. Последнее вследствие интенсивной самовентиляции в виброкипящем слое [3] принималось равное нулю. Для интенсификации процесса осуществлялся подогрев слоя до 60°C .

Некоторые типичные экспериментальные данные приведены на рис. 1-3 при размещении тела в середине слоя со среднеквадратичной погрешностью $\pm 8\%$, которые позволяют выяснить влияние на внешний массообмен параметров вибрации и размера частиц сыпучего материала.

Из рис. 1 видно, что с ростом амплитуды вибрации при прочих равных условиях коэффициенты β монотонно возрастают, что объясняется аналогичным изменением величины пульсации скорости газовых потоков, которые в свою очередь связаны с пульсациями давления газовой среды в виброкипящем слое [4]. В этом случае на малоинтенсивный процесс диффузии накладывается конвективный перенос массы. Вместе с тем, можно видеть и некоторую особенность. Она заключается в том, что, хотя с ростом размера частиц слоя (кривые 1-3) пульсации скорости снижаются [4], коэффициенты β , соответствующие большему размеру частиц, оказываются выше. Для объяснения этого явления привлекается механизм, связанный с понятием присоединенной массы (см. рис. 3).

С изменением частоты вибрации характер зависимости коэффициентов β оказывается более сложным (рис. 2). Известно [5], что в этом случае при конкретной высоте слоя возможно наступление резонанса, при котором все процессы, протекающие в виброкипящем слое, в том числе и массоотдача, становятся высокоинтенсивными.

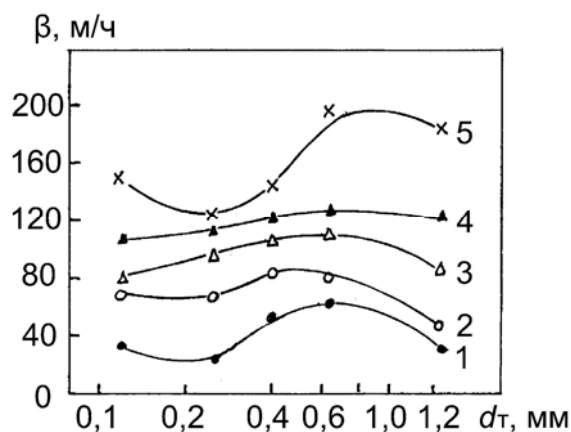


Рис. 1. Зависимость коэффициента β от амплитуды вибрации A , $f = 40$ Гц: 1 – $d_T = 0,12$ мм; 2 – 0,4; 3 – 0,63

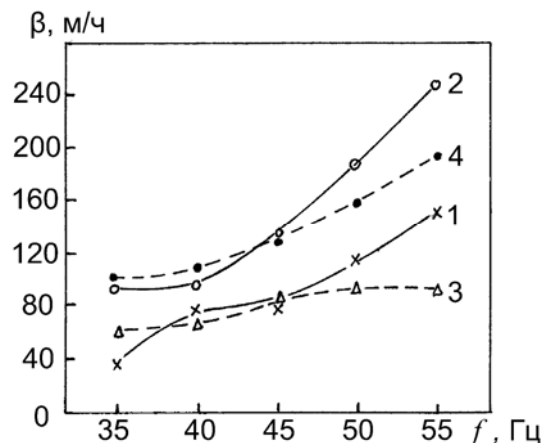


Рис. 2. Зависимость коэффициента β от частоты вибрации f , $d_T = 0,12$ мм: 1 – $A = 0,6$ мм; 2 – 1,0; $d_T = 0,25$ мм: 3 – $A = 0,6$ мм; 4 – 1,0

При высоте слоя $H_0 = 60$ мм, принятой в настоящих исследованиях, резонансная частота меньше 35 Гц, в связи с чем результаты в данных исследованиях получены при зарезонансных режимах. Именно поэтому на рис. 2 при частоте $f < 45$ Гц коэффициенты β изменяются незначительно. Однако при $f > 45$ Гц наблюдается увеличение коэффициентов β , что свидетельствует о приближении к состоянию, соответствующему второму резонансу в виброкипящем слое. Особенно существенно он проявляется для мелких частиц (кривые 1, 2), а также и более крупных, но при достаточно больших амплитудах вибрации (кривая 4). В обоих случаях (рис. 1 и 2) увеличение коэффициентов β связано с аналогичным изменением пульсаций газовой среды и обусловленных ими пульсаций скорости газовых потоков.

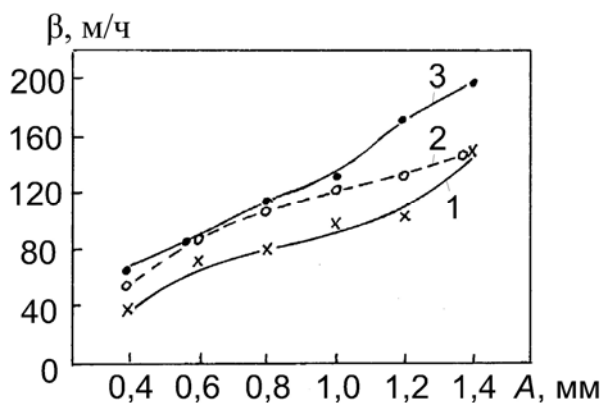


Рис. 3. Зависимость коэффициента β от размера частиц d_T , $f = 40$ Гц: 1 – $A = 0,4$ мм; 2 – 0,6; 3 – 0,8; 4 – 1,0; 5 – 1,4.

О влиянии размера частиц на коэффициент массоотдачи можно судить по данным, представленным на рис. 3, откуда видно, что при условиях опытов и $d_T \approx 0,25$ мм практически на всем исследованном диапазоне амплитуд наблюдается заметный минимум, затем следует увеличение коэффициента массоотдачи β до максимума при $d_T \approx 0,63$ мм с последующим снижением его при $d_T = 1,25$ мм.

Для объяснения полученных результатов недостаточно представлений о пульсационном характере газовых потоков в виброкипящем слое, так как с ростом размера частиц интенсивность их резко снижается [4]. Необходимо привлечь другие представления, и, в частности, как одного из возможных вариантов, понятие о присоединенной массе [6, с. 317], как массе газа, обладающей той же кинетической энергией, что и газ, приведенный в движение перемещением тела (в данном случае частиц материала). Для частиц слоя, считая их сферическими, присоединенная масса пропорциональна кубу их диаметра. Поэтому с ростом размера частиц, с одной стороны, уменьшаются пульсации газовых потоков [4], а с другой – увеличивается присоединенная масса газа. При сближении их с поверхностью тела происходит дополнительная турбулизация среды вблизи тела не только частицами, но и кинетической энергией присоединенной массы, что, как можно видеть на рис. 3, не только компенсирует снижение конвективной составляющей массообмена для частиц $d_T = 0,25 \div 0,63$ мм, но и приводит к увеличению массоотдачи в целом.

Библиографический список

1. Шервуд Т. Массопередача. Пер. с англ. /Т. Шервуд, Р. Пигфорд, Ч. Уилки. М.: Химия, 1982. 696 с.
2. Псевдоожижение /Под ред. В.Г. Айнштейна и А.П. Баскакова. М.: Химия, 1991. 400 с.
3. Членов В.А. Виброкипящий слой / В.А. Членов, Н.В. Михайлов. М.: Наука, 1972. 326 с.
4. Сапожников Б.Г. Исследование скорости газовой среды в виброкипящем слое и ее влияние на внешний теплообмен / Б.Г. Сапожников, Ю.О. Зеленкова, Е.Г. Решетников, Г.Б. Сапожников, Н.П. Ширяева. Труды пятой Российской национальной конференции по теплообмену. В 8 томах (25-29 октября 2010 г., Москва). Т. 5. Двухфазные течения. Дисперсные потоки и пористые среды. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 214-217.
5. Колпаков А.С. Использование резонансных явлений для виброразрыхления мелкодисперсных отходов АЭС /А.С. Колпаков, А.Ф. Рыжков, Б.А. Путрик. Теплофизика ядерных энергетических установок: Межвузовский сборник. Свердловск: УПИ, 1983. Вып. 2. С. 81-87.
6. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. М.: Машиностроение, 1978. 463 с.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПГУ-Т

Гордеев С.И., Рыжков А.Ф.
УрФУ, Sega.danger@gmail.com

Укрупненно любая твердотопливная ПГУ состоит из двух частей: энергетической (ЭЧ) и технологической (ТЧ). ЭЧ включает в себя газотурбинную часть, котел-утилизатор и паровую турбину. В технологической части ПГУ производится подготовка рабочего тела для ГТУ.

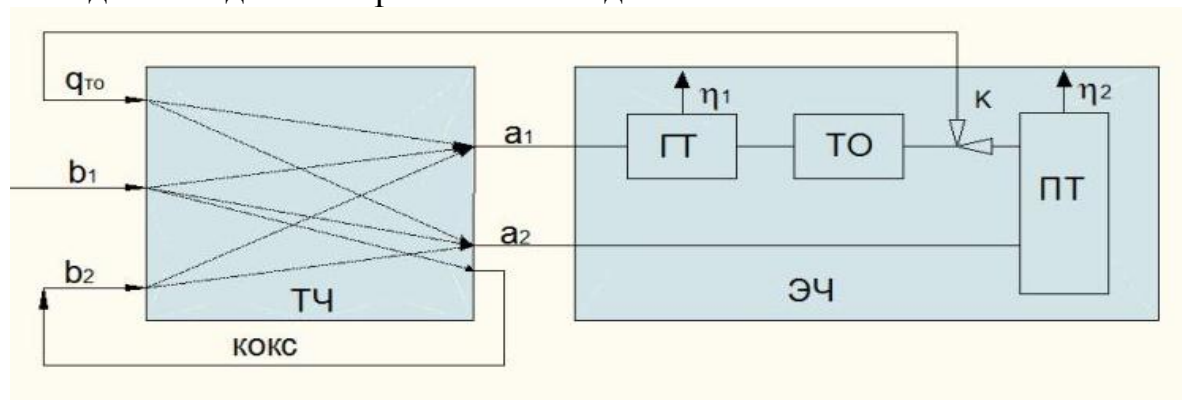


Рис.1. Структурная схема твердотопливной ПГУ

Схема, представленная на рис. 1 объединяет известные схемы твердотопливных ПГУ. Термическая эффективность ПГУ-Т помимо режимных факторов зависит:

- от способа подготовки рабочего тела для ГТУ;
- от интеграции узла термохимической подготовки в тепловую схему ПГУ.

Подготовка рабочего тела может проводиться в одну, две или три ступени. Одноступенчатая подготовка реализуется методом прямого сжигания топлива под давлением с последующей очисткой. При двухступенчатой подготовке топливо подвергается безостаточной газификации, полученный синтез-газ после очистки направляется в камеру сгорания газовой турбины. Газификация осуществляется техническим кислородом в одну стадию, ведется с жидким шлакоудалением и с глубокой низкотемпературной очисткой синтез-газа. Развитие такого способа подготовки идет по пути поиска дешевых способов получения технического кислорода, а также переход на воздушное дутье. При использовании воздуха вместо кислорода встает проблема механического недожога, так как на забалластированном азотом воздухе невозможно провести процесс в одну стадию. Поэтому при переходе на воздушное дутье одностадийный процесс уступает место многостадийному с использованием внутреннего топpling-процесса, когда топливо сжигается для поднятия температуры в газификаторе (воздушный газификатор МНІ на станции Nakoso), либо организуется дожигание коксозольного остатка (схема ABGC фирмы MBEL). При трехступенчатой подготовке топливный газ после (неполной) воздушной газификации поступает в камеру сгорания газовой турбины, а коксозольный остаток используется для получения компримированного высокотемпературного окислителя для сжигания топливного газа. Тем самым организуется внешний топpling-

процесс, что позволяет снять температурное ограничение, накладываемое технологией кипящего слоя. Внешний топтинг выгоднее внутреннего тем, что охлаждению и очистке подвергается часть потока, направленного в газовую турбину, в отличие от схемы с внутренним топтингом, где очистке подвергается весь поток. В зависимости от типа проводимого процесса предлагаются различные способы интеграции узла термохимической подготовки в тепловую схему ПГУ. Тепловая схема может быть организована по двум основным типам:

- параллельная схема;
- сбросная схема с регенерацией.

Тип схемы определяется распределением потоков в узле К.

Структурный анализ схем позволяет выявить влияние оптимизационных параметров на термический КПД ПГУ.

Наиболее освоенной является технология ПГУ, построенная по параллельной схеме, в частности ПГУ с внутрицикловой кислородной газификацией (ПГУ-IGCC). Структурно ПГУ-IGCC представлена следующим образом: в узле К поток направлен только в паровую турбину, поэтому утилизационный теплообменник заменен котлом-утилизатором, поток топлива b_2 равен нулю, продуктами ТЧ являются – рабочее тело для газовой турбины и паровой поток из газоохладителя синтез-газа перед очисткой в паровую турбину, с которым уходит 10-15 % теплоты топлива. Направления модернизации такого типа ПГУ нацелены на уменьшение потока a_2 в паровую турбину помимо газовой. КПД нетто действующих коммерческих установок IGCC – 40-45 % [1].

По типу сбросной схемы с регенерацией построены ПГУ с одноступенчатой подготовкой рабочего тела для газовой турбины (ПГУ с топкой кипящего слоя под давлением). Развитию ПГУ КСД благоприятствовала освоенность технологии сжигания в кипящем слое, а также применение воздуха вместо кислорода. Структурно схема ПГУ КСД получается из общей путем зануления потока топлива b_2 , направления потока теплоты из ТО в ТЧ. При этом топка КСД является высоконапорным парогенератором. Организация потока теплоты с выхлопа газовой турбины обратно в топку КСД увеличила нагрузку газотурбинной части, подняв вместе с этим КПД всей установки. При оценочном сравнении этих типов ПГУ выявляется следующее: КПД нетто ПГУ КСД оказывается наравне с ПГУ-IGCC при различных параметрах газотурбинной части. Однако, ограничения по температуре рабочего тела, определяемые технологией кипящего слоя, не оставляют перспектив развития без модернизации процесса.

Трехступенчатая подготовка рабочего тела для газовой турбины, несмотря на свою громоздкость и сложность является наиболее востребованной технологией на среднесрочную перспективу. Для нее распределение потоков теплоты в узле К аналогично варианту с КСД. Одной из первых разработок такой схемы занималась компания Foster Wheeler. По аналогичной схеме, но с другим аппаратным обеспечением УралОРГРЭС совместно с УрФУ разрабатывается технология с высокотемпературным воздухонагревателем [2].

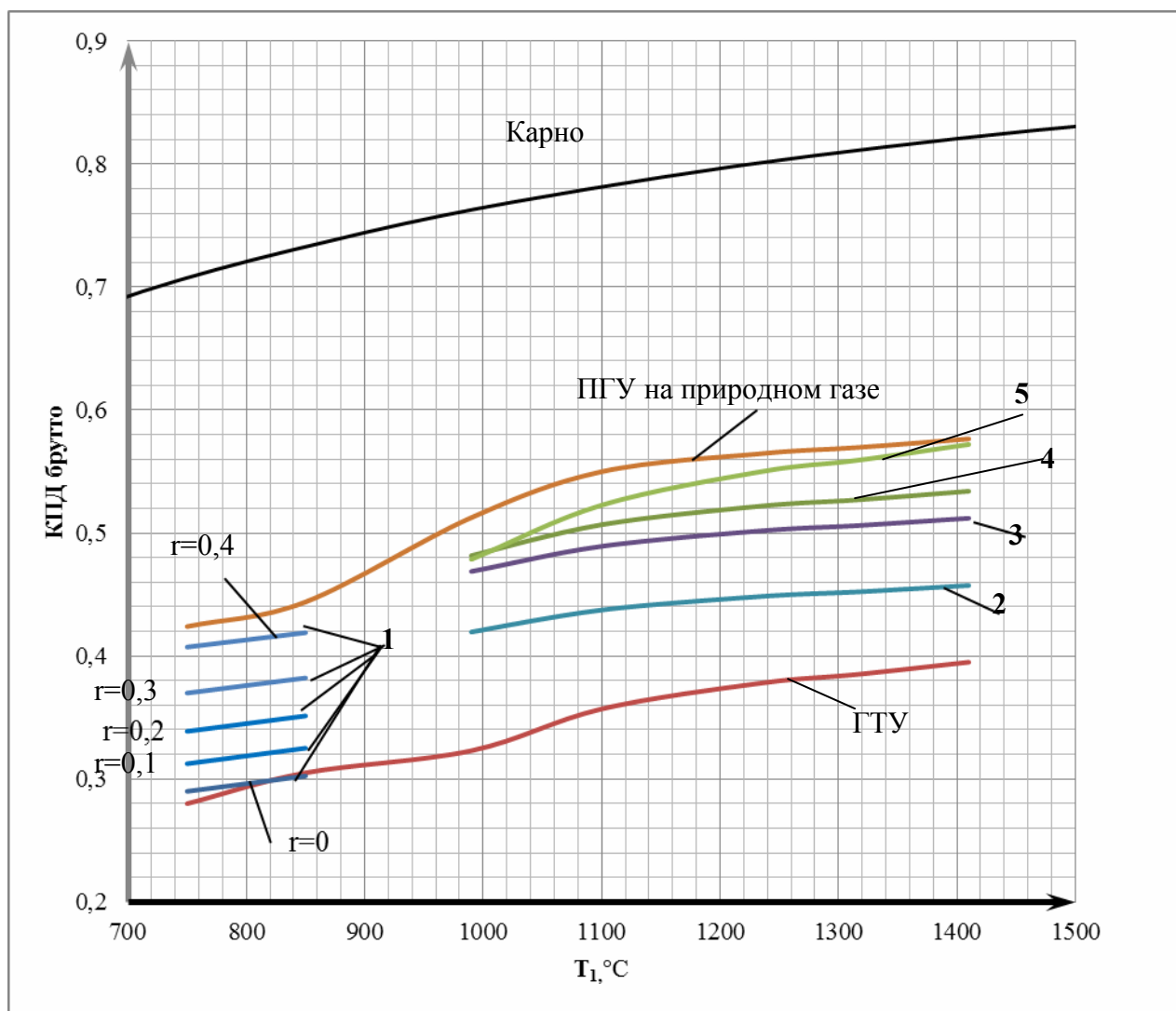


Рис. 2. Сравнение энергетической эффективности ПГУ. 1 – ПГУ с топкой КСД; 2, 3 – ПГУ с внутрицикловой газификацией соответственно с холодной и горячей газоочисткой; 4 – ПГУ с карбонизатором и топтинг-процессом по схеме Foster Wheeler; 5 – с пиролизером-карбонизатором и воздухонагревателем ИЦЭУ-УРФУ; ГТУ – газотурбинная установка; r – доля энергии выхлопа, возвращаемая в газовую турбину

Расчет, представленный на рис. 2, выполнен для параметров газотурбинной части, принятых в зависимости от начальной температуры цикла [3] и КПД паротурбинной части – $\eta_{\text{пту}} = 0,3$. На рис. 2 видно, что наиболее эффективной схемой оказывается разработка ИЦЭУ-УРФУ, вследствие максимального приближения структуры распределения тепловых потоков к схеме ПГУ с котлом-утилизатором. Такая схема с опорой на отечественную энергомашиностроительную базу на среднесрочную перспективу может оказаться удачным проектом.

Библиографический список

1. Technology Status Report. Gasification of Solid and Liquid Fuels for Power Generation, DTI, 1998.
2. Богатова Т.Ф., Попов А.В., Рыжков А.Ф., Силин В.Е. Парогазовые технологии на угле. Глава 4 в монографии «Инновационные технологии в энергетике» // под общ. ред. Н.В. Ключковой. Иваново: Научная мысль, 2011. 228 с.

3. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. 2-е изд., стереот. М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ТЕХНИКИ

Горелов М.В., Яковлев И.В., Глазов В.С.
Московский энергетический институт
gorelov_mikhail@mail.ru

Тепловой неразрушающий контроль (тепловизионный метод), который сейчас широко применяется при энергетических обследованиях, позволяет оперативно получить термограммы наружных ограждающих конструкций. Однако существующие нормативные документы и методики проведения таких обследований распространяются только на несветопрозрачные ограждения. Метод тепловизионного контроля используется только для качественного анализа состояния тепловой защиты наружных ограждений. Поэтому разработка метода, который позволит оперативно количественно определить тепловые потери через светопрозрачное ограждение, является актуальной и важной задачей.

Расчетно-экспериментальный метод условно можно разделить на два этапа: 1) экспериментальные исследования (тепловизионная съемка светопрозрачного ограждения); 2) определение количественных значений плотности тепловых потоков по математическим моделям «светопрозрачное ограждение – внешняя среда» или «многослойная конструкция».

Объектами исследований были однокамерный стеклопакет в ПВХ переплете и двойное остекление в деревоалюминиевом переплете. Экспериментальные исследования состояли из двух этапов: контактные измерения температуры в заранее определенных точках наружной и внутренней поверхностей ограждающей конструкции, в том числе и светопрозрачной, плотности теплового потока на внутренней поверхности светопрозрачного ограждения; тепловизионная съемка наружной и внутренней поверхностей ограждения.

Математическая модель теплообмена в системе «светопрозрачное ограждение – внешняя среда» позволяет осуществить отдельный учет лучистого и конвективного потоков.

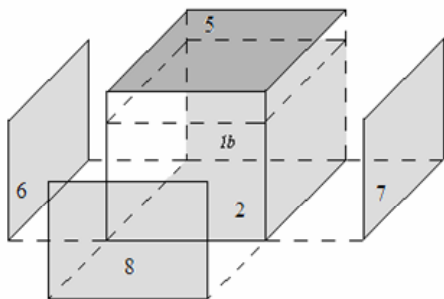


Рис. 1. Геометрическая модель системы «светопрозрачное ограждение – внешняя среда»

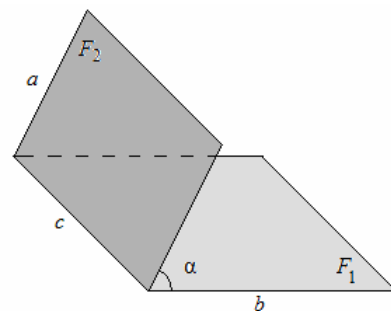


Рис. 2. Два прямоугольника, расположенные под углом друг к другу

На рис. 1 представлена геометрическая модель системы «светопрозрачное ограждение – внешняя среда», на базе которой исследуется теплообмен излучением.

Лучистая составляющая потока рассчитывалась по формуле:

$$q_{\Sigma} = \sigma_o \cdot \varepsilon_{np} \cdot \varphi_{12} \cdot [(273 + t_1)^4 - (273 + t_2)^4] \quad (1)$$

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1\right) \cdot \varphi_{12} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right) \cdot \varphi_{21}}, \quad (2)$$

где $\sigma_o = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана–Больцмана; ε_{np} – приведенная степень черноты; t – температура излучающей или поглощающей поверхности, °С;

В основу расчета средних угловых коэффициентов положена формула, которая позволяет определить искомую величину для системы двух прямоугольников, образующих угол в 90 градусов и имеющих общую сторону (рис. 2):

$$\varphi_{12} = \begin{cases} \frac{B}{A}, \text{ если } \alpha = 0 \text{ и } A > B; & 1, \text{ если } \alpha = 0 \text{ и } A \leq B; & 0, \text{ если } \alpha = 180, \\ \frac{1}{\pi A} \left\{ \ln \left[\frac{(1 + A^2) \cdot (1 + B^2)}{1 + Z^2} \cdot \left[\frac{A^2(1 + Z^2)}{Z^2(1 + A^2)} \right]^{A^2} \cdot \left[\frac{B^2(1 + Z^2)}{Z^2(1 + B^2)} \right]^{B^2} \right] \right\}, \text{ если } \alpha = \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (3)$$

где $A = a/c$; $B = b/c$; $Z = \sqrt{A^2 + B^2}$

Для описания конвективного теплообмена между светопрозрачным ограждением и внешней средой использована система дифференциальных уравнений конвективного переноса (в том числе естественного), включая уравнения неразрывности, сохранения импульса, сохранения энергии, кинетической энергии турбулентных пульсаций и диссипации турбулентной энергии.

Для решения задачи в данной постановке использовался программный комплекс *PHOENICS*. Данный программный продукт позволяет производить расчеты локальных значений и направлений скорости воздушных потоков, коэффициентов теплоотдачи, полей температур, давлений и т.д. Алгоритм основан на аппроксимации частных дифференциальных уравнений в частных производных конечными разностями на элементарном объеме. При проведении расчетов использовалась стандартная k – ε модель турбулентности. Для нахождения значения коэффициента теплоотдачи и величины конвективного теплового потока использовался алгоритм, приведенный в [1].

Математическая модель «многослойная конструкция» позволяет рассчитывать одномерное стационарное температурное поле и поток теплоты, проходящий через модель стеклопакета при заданных (измеренных) температурах его поверхностей и внешних источников излучения.

Математические зависимости, которые описывают процесс теплопереноса в многослойной конструкции:

$$\frac{d^2}{dx^2} t_i(x) + \frac{q_{inLi} \cdot k_i \cdot e^{-k_i x} + q_{inRi} \cdot k_i \cdot e^{-k_i x(\delta_i - x)}}{\lambda_{ci}} = 0, \quad 0 < x < \delta_i, \quad (4)$$

$$t_1(x_{0.1}) = t_{sL}, t_1(x_{\delta.1}) = \theta_{L.ВП}, t_2(x_{0.2}) = \theta_{R.ВП}, t_2(x_{\delta.2}) = t_{sR}, \quad (5)$$

$$\lambda_{c1} \cdot \frac{t_{sL} - \theta_{L.ВП}}{\delta_1} + (q1_{inL1} - q1_{inR1}) \cdot \frac{1 - e^{-k_1 \cdot \delta_1}}{k_1 \cdot \delta_1} = q_{ВП}, \quad (6)$$

$$q_{ВП} = \lambda_{c2} \cdot \frac{\theta_{R.ВП} - t_{sR}}{\delta_2} + (q2_{inL2} - q2_{inR2}) \cdot \frac{1 - e^{-k_2 \cdot \delta_2}}{k_2 \cdot \delta_2}. \quad (7)$$

Поток теплоты через воздушную прослойку стеклопакета можно рассчитать по следующей зависимости:

$$q_{ВП} = \alpha_{ВП} \cdot (\theta_{L.ВП} - \theta_{R.ВП}), \quad (8)$$

где $\alpha_{ВП} = \alpha_{ВП}^L + \alpha_{ВП}^K$ – суммарный коэффициент теплоотдачи в воздушной прослойке; k_1, k_2 – спектральный показатель поглощения, a_i, ϕ_i, r_i – коэффициенты поглощения, пропускания, отражения i -стекла; $q1_{inLi}, q1_{inRi}$ – плотность потока излучения, вошедшего в i -ое стекло с левой или правой стороны, Вт/м²; λ_{ci} – коэффициент теплопроводности i -го стекла, Вт/мК; $\theta_{L.ВП}, \theta_{R.ВП}$ – температура левой или правой границы воздушной прослойки, °С; t_{ci} – температура поверхности стекла, °С.

Результаты тепловизионных измерений являлись исходными данными для разработанных математических моделей, а результаты контактных измерений использовались для их апробации (таблица).

Сравнение результатов расчетов по математическим моделям и контактных измерений

Наименование модели	Светопрозрачное ограждение – внешняя среда					Многослойная конструкция	
	$q_{Поток},$ Вт/м ²	$q_{Модель},$ Вт/м ²	$q^K,$ Вт/м ²	$q^L,$ Вт/м ²	$\delta q, \%$	$q_{Модель},$ Вт/м ²	$\delta q, \%$
Эксперимент № 1	42,9	41,9	16,9	25	2,4	39,9	6,9
Эксперимент № 2	64,6	62,2	4,8	57,4	3,7	59	5,1

На основе предложенных математических моделей разработан расчетно-экспериментальный метод, позволяющий определить тепловые потери зданий через светопрозрачные ограждения по тепловизионным снимкам температурных полей наружных поверхностей. Метод учитывает реальную форму здания, оптические и терморadiационные свойства поверхностей теплообмена, условия наружной среды. Для объектов экспериментальных исследований расхождение между значениями плотности теплового потока, измеренной контактным способом и полученной расчетно-экспериментальным методом, не превышает 4 % при использовании математической модели «светопрозрачное ограждение – внешняя среда» и 7 % при использовании математической модели «многослойная конструкция».

Библиографический список

1. Горелов М.В. Разработка расчетно-экспериментального метода определения тепловых потерь через светопрозрачные ограждающие конструкции промышленных зданий с применением тепловизионной техники. Автореф. дис... к-та техн. наук. М.: НИУ «МЭИ», 2011. 20 с.

ИЗУЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПРОТИВ ЛОКАЛЬНОЙ КОРРОЗИИ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Гумирова А.Р., Останин Н.И., Рудой В.М., Ярославцева О.В., Мещерягин П.В.

УрФУ, ignatiev@fin-servis.ru

Александров С.В., ОАО «Первоуральский новотрубный завод»

Проблема ресурсосбережения является одной из актуальнейших проблем мирового масштаба, и особенно острый характер она приобретает на современном этапе развития на фоне все более истощающихся природных ресурсов и деградации окружающей среды. Одно из направлений решения этой проблемы – совершенствование конструкционных материалов, которые, с одной стороны, должны обеспечивать требуемые эксплуатационные характеристики изделий, изготовленных из них, с другой – предусматривать применение для их производства малоотходных и ресурсосберегающих технологий. Металлы и сплавы по-прежнему составляют материальную основу большинства отраслей промышленности. В этой связи задача экономии сырьевых и энергетических ресурсов в совокупности с повышением эксплуатационной надежности металлоизделий может быть успешно решена за счет целенаправленного экономного легирования материалов.

Известно, что против локальных видов коррозии, в том числе характерных для углекислотной коррозии, стойкость сплавов на основе железа повышается введением значительного количества хрома – не менее 10-12 % (масс.) С точки зрения экономии металла, а также снижения производственных затрат, в частности при прокате труб, практический интерес представляет уменьшение концентрации этого дорогостоящего легирующего компонента при сохранении коррозионной стойкости. Для оценки склонности к локальной коррозии образцов насосно-компрессорных труб, изготовленных из сталей с добавками хрома в количестве, не превышающем 5 масс. %, в совокупности с микродобавками сильных карбидообразующих элементов ниобия и ванадия, был применен метод потенциостатической поляризации в 0,75 М растворе серной кислоты. Потенциал, при котором осуществлялась поляризация исследуемых образцов, принимался исходя из условия его принадлежности области активно-пассивного перехода для всех изучаемых сталей. Типичная хроноамперограмма приведена на рис. 1.

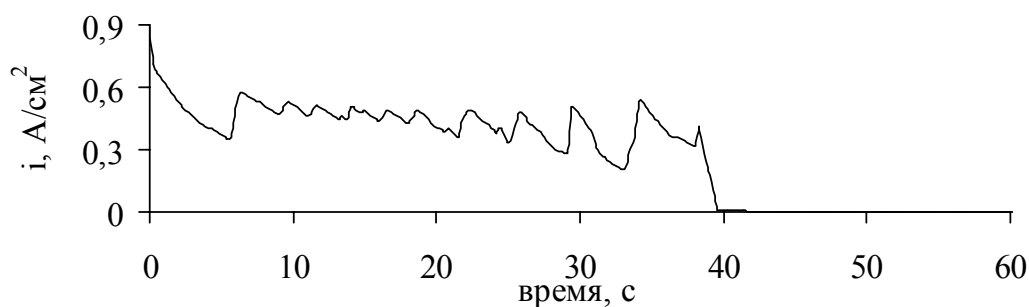


Рис. 1. Экспериментальная хроноамперограмма для образца с содержанием хрома 5 % (масс.)

Анализ осцилляций тока методом спектрального анализа временных рядов позволил рассчитать период максимального пика и спектральную плотность, которые применительно к рассматриваемому случаю характеризуют периодичность возникновения питтинга и вклад колебаний определенного периода в коррозионный процесс, связанный с пассивно-активным растворением, соответственно. Результаты спектрального анализа экспериментальных хроноамперограмм приведены на рис. 2.

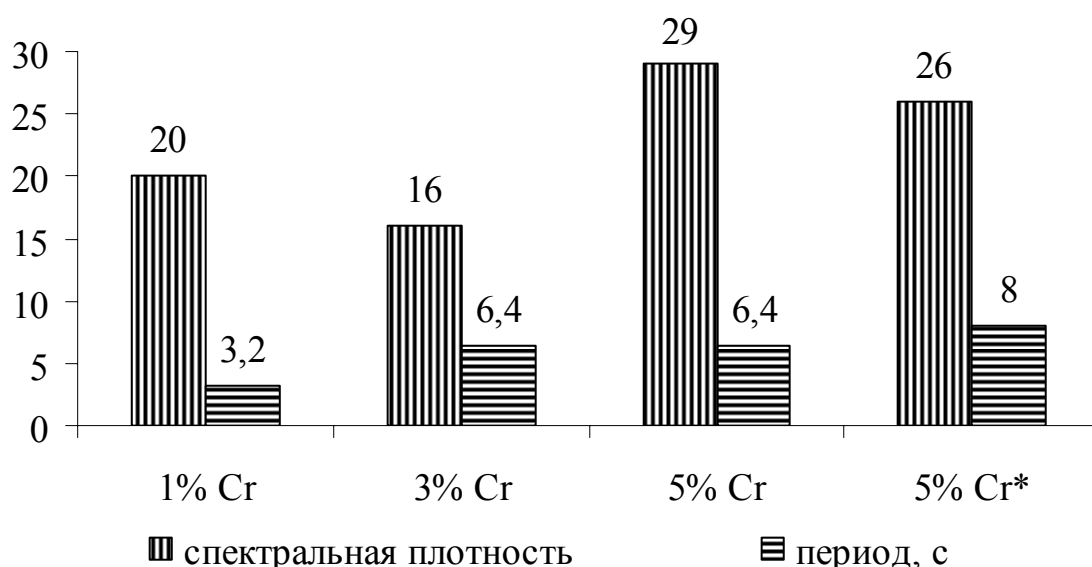


Рис. 2. Результаты спектрального анализа для образцов с разным содержанием хрома (* сталь дополнительно легированная редкоземельными металлами)

Период колебаний тока характеризует частоту активации очагов коррозии. Чем реже активируются имеющиеся или возникают новые коррозионно-активные участки, тем более устойчив металл к коррозии.

На основании полученных результатов можно предположить, что наибольшей склонностью к питтинговой коррозии обладает сталь с содержанием хрома 1 % (масс.), сталь с содержанием хрома 3-5 % (масс.) более устойчива. Микролегирование стали с 5 % (масс.) хрома редкоземельными металлами повышает питтингостойкость предположительно за счет модифицирования неметаллических включений.

Таким образом, использованный метод анализа спектральной плотности автоколебаний тока в предпассивном состоянии позволяет сравнить различные по составу стали по их склонности к локальным видам коррозии. В свою очередь, выбор более устойчивого к воздействию агрессивных сред конструкционного материала увеличивает межремонтные сроки, снижает энергозатраты и расходы на материалы.

ЭНЕРГОФИНАНСОВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЕ

Давлетишина И. Р.

ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»

d_irina@ines-ur.ru

Сегодня вопрос готовности бюджетных учреждений повышать собственную энергоэффективность стоит очень остро. Одну из его ключевых позиций занимает такой механизм, как лимитирование потребления топливно-энергетических ресурсов. Он связывает работу по энергосбережению с бюджетным процессом и, с одной стороны, стимулирует планирование мероприятий по энергосбережению, а, с другой, – позволяет выразить их итоги в рублях.

В Свердловской области за согласование лимитов на потребление тепловой и электрической энергии, а также топлива и воды организациями, финансируемыми из регионального и местных бюджетов, отвечает Государственное бюджетное учреждение Свердловской области «Институт энергосбережения». Получив эту обязанность впервые почти три года назад, мы решили переводить работу на электронные рельсы и взялись за разработку автоматизированной системы управления (рис. 1).

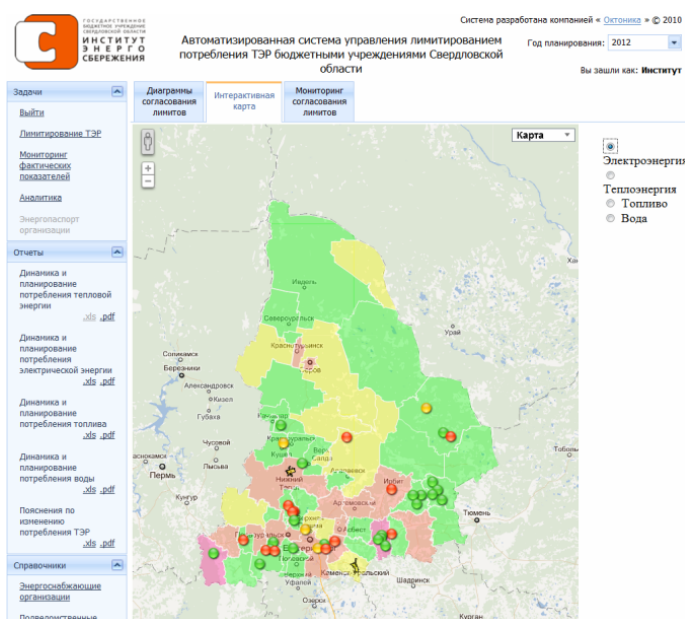


Рис. 1. Автоматизированная система управления «Лимитирование ТЭР»

Сначала в Свердловской области была запущена первая очередь АСУ «Лимитирование ТЭР», работать в которой могли только представители главных

распорядителей бюджетных средств, а с марта текущего года – и следующая ступень. Теперь пользователями системы являются собственно учреждения, финансируемые из областного и муниципальных бюджетов, – их около 9000 (рис. 2). Для того чтобы система эффективно функционировала, исполнителям на местах необходимо иметь представление и в целом о логике действий по росту энергоэффективности, и о конкретных возможностях системы управления базой данных. Помимо учета данных годового потребления ТЭР каждым бюджетным учреждением, система позволяет вести ежемесячный мониторинг потребления, как в натуральных величинах, так и в стоимостном выражении, что позволяет проводить анализ расходования бюджетных средств на оплату коммунальных услуг.

Задачи

Выйти

Лимитирование ТЭР

Мониторинг фактических показателей

Аналитика

Энергопаспорт организации

Отчеты

Заявка бюджетополучателя с лимитами теплоты

Заявка бюджетополучателя с лимитами электроэнергии

Заявка бюджетополучателя с лимитами газа

Заявка бюджетополучателя с лимитами дистоплива

Заявка бюджетополучателя с лимитами угля

Заявка бюджетополучателя с лимитами дров

Учреждение ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ "БАРАНЧИНСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ"

Данные согласованного регионального энергопаспорта

Строительный объем здания, куб. м

Общая площадь, кв. м

	2008	2009
Расход тепловой энергии, Гкал		2 275,000
Расход химочищенной сетевой воды, куб.м		
Холодное водоснабжение, куб.м		3 338,000
Годовое потребление электроэнергии, кВт		152,000
Расход котельно-печного топлива, т.у.т.		
Расход газа, тыс.куб.м.		
Нормативно-расчетные показатели		
Теплоснабжение. Тепловая нагрузка, Гкал/час		0,570
Расход тепловой энергии, Гкал		1 440,000
Расход химочищенной сетевой воды, куб.м/год		515,640
Холодное водоснабжение, куб.м/год		2 000,000
Годовое потребление электроэнергии, кВт		167,000
Расход котельно-печного топлива, т.у.т./год		
Газоснабжение. Расход газа, тыс.куб.м./год		
Система теплоснабжения (открытая, закрытая)		
Электроснабжение. Установленная мощность		284,200

Лимиты: Тепловая энергия

ГОУ СПО СО "БЭМТ"

#	Энергоснабж. орг.	Тариф	Лимит	Лимит, тыс.р.
Ред. Нов. Удал.	Государственное унитарное предприятие Свердловской области "Облкоммунэнерго", г.Екатеринбург	747,810	2,207	1 947,492

Итого по организации

Тепловая энергия

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Факты, тыс. Гкал							
Факты	2,275	2,260	0,864				
Лимиты в натуральном выражении, тыс. Гкал							
Расчетные в сопост. усл.			2,192	2,124	2,057	1,989	1,921
Запрашиваемые				2,275	2,207		
Общий прирост				0,151	0,150		
Общий прирост, %				7,10%	7,30%		
Планируемый прирост на 2012 год без учёта прироста предыдущих лет составляет: 0,000 тыс. Гкал							
Обоснование прироста							
Лимит 2012 г. = (Факт 2009 * 0,91) + Δ 10-11 гг + Δ 12 г. 2,26*0,91+0,1506+0= 2,207 Δ 10-11 гг = 2,275-2,26*0,94=0,1506 Δ 12 г = 0 В 2012 г. увеличения потребления нет							

Рис. 2. Данные энергетического паспорта, фактического потребления за прошлые годы и заявка на следующий год бюджетополучателя в АСУ

На сегодняшний день АСУ «Лимитирование ТЭР» – достаточно гибкая, многоуровневая система, которая находится в постоянном совершенствовании. В ней уже имеется возможность интеграции с системами приборного учета потребления энергоресурсов сторонних производителей (ИВК «Энергия», Envirodatec, и др). Начиная с 2012 года, процессы работы по формированию и согласованию лимитов потребления ТЭР бюджетными учреждениями будут полностью переведены в электронный вид с использованием электронно-цифровой подписи, что позволит избавиться от бумажных документов, работа с которыми в современных условиях с огромным количеством данных очень не эффективна.

Для обучения местных специалистов мы регулярно организуем областные семинары, куда приглашаем представителей министерств и ведомств – главных распорядителей бюджетных средств, местных администраций, бюджетных учреждений, и в течение одного рабочего дня даем самую необходимую информацию о том, как работать в системе, и как это может способствовать задаче 15-процентной экономии энергии в течение 5 лет.

В Институте работает горячая линия, и наши специалисты оказывают консультации по телефону. По итогам семинаров и задаваемых по телефону и электронной почте вопросов мы постоянно совершенствуем Руководство пользователя АСУ, как и саму систему.

Результаты таких усилий налицо: работа по согласованию лимитов идет намного конструктивнее, с большей мотивацией и пониманием сути.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ГИДРОТУРБИН

Давыдов К.И., Елистратов В.В.

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

davydov_konstant@mail.ru

При проектировании новых более экономичных, долговечных, высокоэффективных гидротурбин возникает много вопросов, связанных с определением влияния геометрических соотношений элементов проточной части на энергетические и кавитационные характеристики в заданных режимах. Для решения этих вопросов требуется не только систематическое проведение глубоких и всесторонних теоретических исследований, но и вместе с этим экспериментальные исследования.

На данный момент существует множество методик и программных пакетов для расчета проточной части и рабочего колеса гидротурбинного блока. Однако только на основании проведенных испытаний модельных блоков определяются энергетические, кавитационные, силовые, разгонные и другие характеристики турбины, подтверждаются гарантии по КПД и мощности. Также в ходе испытаний выявляются особенности работы гидротурбины на режимах, трудно поддающихся расчету (переходные режимы; режим синхронного компенсатора; разгонный режим и другие).

Экспериментальные стенды можно разделить на несколько категорий, исходя из условий моделирования проточной части. Одни установки не обязательно полностью моделируют проточный тракт натурной турбины, что при соблюдении определенных условий допустимо (диаметр рабочего колеса 250-300 мм, энергетические испытания проводятся при напоре 2-3 м, а кавитационные 12-15 м). Ко второй категории относят стенды, обеспечивающие условия движения жидкости в проточном тракте, включая входной и выходной участки, близкие к натуре (диаметр рабочего колеса модели 350-500 мм). И к последней относят стенды, позволяющие выдержать критерии подобия, наиболее характерные для гидродинамических явлений, определяющих ту ли иную характеристику турбины.

Одна из первых лабораторий для исследования проточной части, экспериментального изучения энергетических, разгонных, пульсационных и других характеристик гидротурбины была организована в Ленинградском политехническом институте, сейчас Санкт-Петербургский политехнический университет, при кафедре гидравлических машин. Она является одной из первых гидротурбинных лабораторий в стране. Экспериментальный стенд представляет собой смоделированный с учетом основных критериев подобия водопроводящий тракт блока гидроэнергетической установки с горизонтальным капсульным агрегатом. На данном стенде испытывались модельные установки с рабочими колесами насоса ОП-6-35 и турбины ПЛ-984-35.

Диаметр рабочего колеса исследованного блока ГЭС на стенде равен $D_1 = 350$ мм, что отвечает требованиям Международной электротехнической комиссии на проведение исследований гидромашин [1] количественных характеристик работы агрегатного блока.

Стенд позволяет проводить комплексные исследования блоков ГЭС,

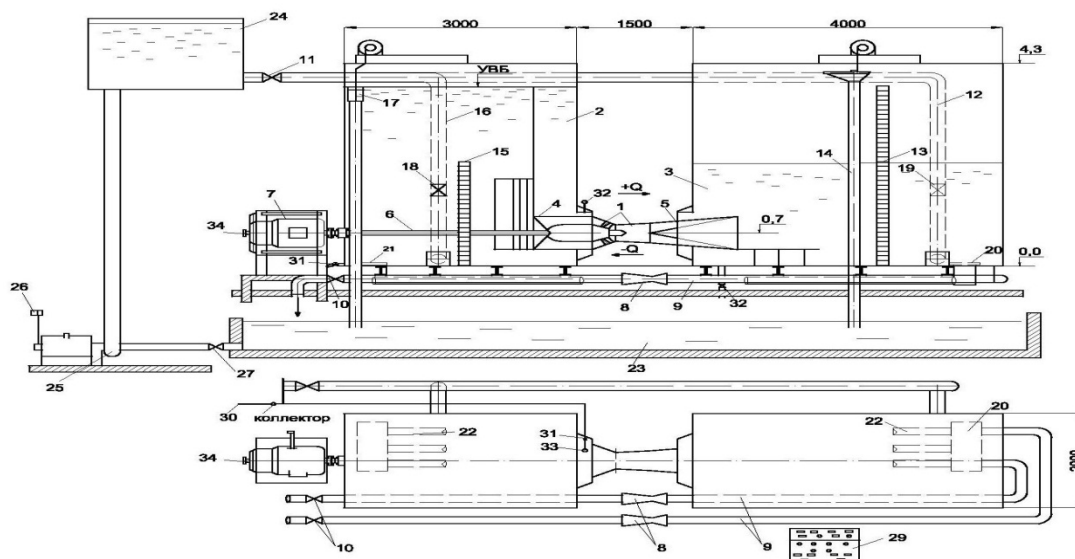
ГАЭС и НС с горизонтальным капсульным агрегатом, включая энергетические, гидравлические и гидродинамические исследования в следующих режимах работы:

- прямом турбинном;
- обратном турбинном;
- прямом насосном;
- обратном насосном.

Экспериментальный стенд включает в себя напорный водосберегательный бак, подводящие трубопроводы, баки нижнего и верхнего бьефов, модельную установку, пульт управления и отводящие напорные трубопроводы (рисунок).

При проведении энергетических испытаний исследуемого модельного блока ГЭС с горизонтальным капсульным агрегатом в обратимых режимах основными измеряемыми параметрами работы являются:

- расход воды, Q (л/с);
- уровень верхнего УВБ и нижнего УНБ бьефов (мм вод. ст.);
- частота вращения вала агрегата, n (об./мин.);
- момент на валу, M (кг/м);
- угол установки лопаток направляющего аппарата, β_0 ;
- угол установки лопастей рабочего колеса, φ .



Общая схема стенда:

1 – модельный агрегат; 2 и 3 – баки верхнего и нижнего бьефов; 4 – закрытая подводящая труба; 5 – отводящая труба; 6 – вал агрегата; 7 – электродвигатель; 8 – расходомер; 9 – отводящий трубопровод; 10, 11, 18, 19 – задвижки; 12, 16 – подводящие трубопроводы верхнего и нижнего бьефов; 13, 15 – успокоительные решетки; 14, 17 – телескопические водосбросы; 20, 21 – водоприемники НБ и ВБ; 22 – перепускные трубы; 23 – водосберегательный бассейн; 24 – распределительный бак; 25 – питающий насос; 26 – кнопка запуска насоса; 27 – входная задвижка; 28 – кнопка управления задвижкой; 29 – пульт управления; 30, 31 – краны; 32 – манометр, 34 – датчик оборотов; +Q – турбинный режим; -Q – насосный режим;

Методика энергетических исследований модели блока ГЭС с горизон-

тальным капсульным агрегатом в обратимых режимах работы опирается на накопленный опыт и рекомендации по модельным исследованиям турбин [1-3], обратимых гидромашин и осевых насосов [4-6].

Энергетические испытания поворотнолопастных турбин проводятся (за исключением отдельных специальных случаев) при разных соотношениях между открытием направляющего аппарата и положением лопастей рабочего колеса. При этом следует помнить, что в переходных процессах регулирования турбины работают при положениях направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса, далеких от оптимального. Поэтому испытания модели на таких режимах представляют определенный интерес.

Процесс испытаний поворотнолопастных турбин сводится к определению характеристик модели на ряде пропеллерных режимов, при которых лопасти рабочего колеса закреплены в каком-либо определенном положении. Дополнительно в процессе подготовки к испытаниям нужно проверить идентичность установки всех лопастей рабочего колеса турбины. На малых углах установки лопастей рабочего колеса достаточно 6-8 открытий направляющего аппарата, а на больших 12-14. Закончив испытания при данном положении лопастей, устанавливают их на другой угол и продолжают испытания в том же порядке.

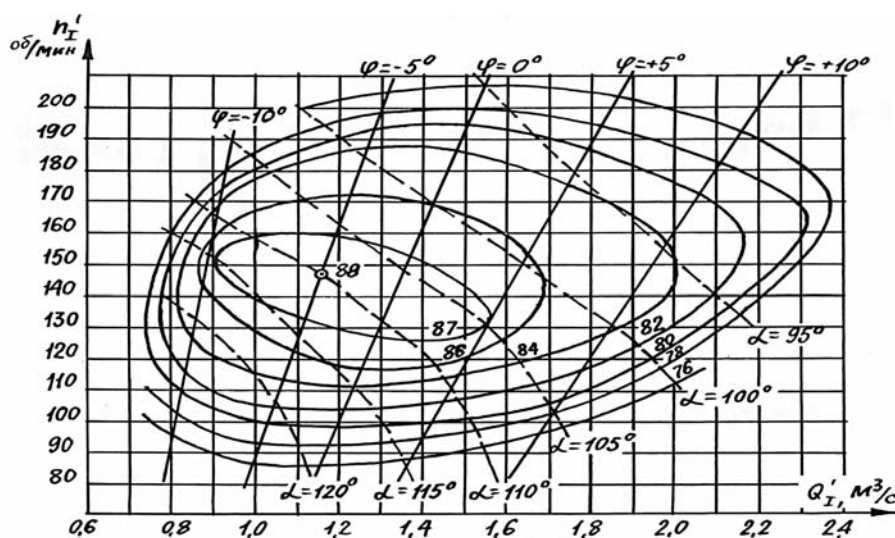
Испытания заканчиваются после того, как они проведены при всех намеченных к испытаниям положениях лопастей рабочего колеса. Рекомендуется при испытаниях положения лопастей изменять не по порядку, а в разнорядной, так как при этом легче выявить случайные ошибки [2]. Кроме того, рекомендуется в конце испытаний повторить испытания при положении лопастей, которое было в начале испытаний хотя бы на некоторых оптимальных режимах. Такое повторение испытаний обеспечивает их надежность.

По результатам энергогидравлических исследований строятся рабочие характеристики модели блока ГЭС в координатах $\eta = f(Q'_I)$ и $n'_I = f(Q'_I)$, универсальная характеристика турбины $\eta = f(n'_I, Q'_I)$ при $\varphi = \text{const}$ и $b_0 = \text{const}$.

Выводы. Проведение энергетических исследований является обязательным этапом при разработке и проектировании новых гидротурбин. Результатом испытаний являются энергетические, кавитационные, силовые и разгонные характеристики данной гидротурбины.

На основе анализа результатов проведенных ранее экспериментов была разработана методика проведения энергетических испытаний горизонтально-капсульных агрегатов на экспериментальном стенде СПбГПУ.

Анализ проведенных ранее энергетических исследований на экспериментальном стенде СПбГПУ модельного блока с горизонтально-капсульным агрегатом с рабочим колесом ПЛ-984-35 показал, что с увеличением угла установки лопаток рабочего колеса $\varphi > +10^\circ$ резко снижаются энергетические характеристики работы блока и уменьшается приращение подачи воды. В связи с этим неэффективна работа блока ГЭС в зоне приведенных частот вращения ниже $n'_I = 150$ об/мин. Максимальное значение КПД в турбинном режиме наблюдалось при $\varphi = -5^\circ$ и $\alpha = 110^\circ$ и составило $\eta_{\text{макс}} = 88 \%$. На основании рабочих характеристик была построена универсальная характеристика модельного блока ГЭС с рабочим колесом ПЛ-984-35.



Универсальная характеристика модельного блока ГЭС в турбинном режиме
с рабочим колесом ПЛ-984-35

Библиографический список

- 1.Международный код модельных приемо-сдаточных испытаний гидравлических турбин. Рекомендации МЭК. Публикация 193. Женева, 1965. 54 с. Первое дополнение к публикации 193. Женева, 1974. 21 с.
- 2.Малышев В.М. Моделирование гидравлических машин. Л.: Машиностроение, 1970. 288 с.
- 3.Чистяков А.М. Исследование гидротурбинных блоков ГЭС. Л.: Энергия, 1972. 192 с.
- 4.Энергогидравлические исследования блока насосной станции с капсульными агрегатами в обратимых режимах работы: Отчет о НИР. Л.: ЛПИ, 1986. 73 с.
- 5.Смирнов И.Н. Гидравлические турбины и насосы. М.: Высшая школа, 1969. 400 с.
- 6.Гидроэнергетические установки / Под. ред. Д.С. Щавелева. Л.: Энергоиздат, 1981. 520 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Дёмин Ю.К., Картавцев С.В.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

E-mail: dyomin.ura@yandex.ru

В настоящее время доказано, что энергия, содержащаяся в сжатом воздухе, является более дорогой, чем электрическая или энергия первичных двигателей, и её экономия важна для удешевления производственных процессов. При этом известно, что при компрессии большая часть энергии затрачивается на сжатие воздуха. Расход энергии пропорционален температуре всаса, поэтому удельные расходы энергии на сжатие больше при более высокой температуре всасываемого воздуха [3]. Поэтому применение ступенчатого сжатия с охлаждением газа в охладителях между ступенями дает большую экономию в энергии, расходуемой на привод компрессора [4].

В качестве воздухоохладителя, в основном, используются кожухотрубчатые теплообменники с оребренной поверхностью, холодильный агент – вода.

Но вода, как теплоноситель, имеет ряд недостатков - высокая коррозионная активность, загрязненность, высокая температура кристаллизации. Вследствие этого происходит засорение и разрушение трубок воздухоохладителя, а также невозможность охлаждения сжатого воздуха до минусовых температур в зимнее время года (что может дать энергосберегающий эффект [2]).

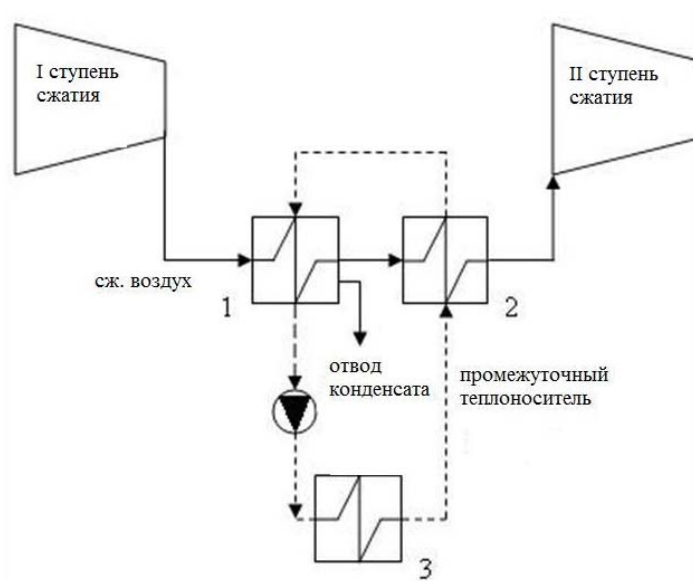
Вместо воды, в качестве холодильного агента, можно использовать атмосферный воздух или иной промежуточный теплоноситель.

При использовании атмосферного воздуха, из-за низкой теплоёмкости и коэффициента теплоотдачи, возникает необходимость в значительной площади теплообмена, следовательно, возникают большие потери давления сжатого воздуха [1].

Для выбора иного промежуточного теплоносителя были определены несколько критериев – низкая температура кристаллизации, температура кипения не ниже, чем у воды, высокая теплоёмкость, низкая плотность и вязкость, высокая теплопроводность, на основании чего предлагается использовать следующие теплоносители (таблица, [5], свойства даны при 20 °С):

Наименование	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/кг·град	$t_{\text{кип}}$, °С	$t_{\text{плавл}}$, °С
Силикон Ж № 2 (МХП-2416-54)	956	2,06	282	-70
Гидротерм 700-155	875,4	2,43	315,6	-54
Гидротерм 700-130	<u>865</u>	<u>2,68</u>	<u>204,4</u>	<u>-85</u>
Термофлоид	900	2,09	373	-20
Вода	998	4,18	100	0

Также предложена принципиальная схема охлаждения (рисунок).



На схеме сжатый воздух из первой ступени сжатия компрессора поступает в теплообменник 1, где происходит его предварительное охлаждение и отвод выпавшего конденсата, затем через теплообменник 2, где он доохлаждается до заданной температуры и поступает во вторую ступень сжатия компрессора. Теплообменник 3 – сухая градирня, где промежуточный теплоноситель охлаждается атмосферным воздухом.

Данная схема, при использовании промежуточного теплоносителя, может позволить охладить сжатый воздух до температуры близкой к температуре окружающей среды, а это, в свою очередь, позволит экономить энергию на сжатие в компрессоре в зимнее время. Так, охлаждение сжатого воздуха до -10°C (вместо $+5^{\circ}\text{C}$) дает экономию порядка 4 %, до -20°C – 6 %.

Библиографический список

1. Дёмин Ю.К., Картавцев С.В. Оценка энергосберегающего потенциала воздушного охлаждения центробежного компрессора в зимнее время // Энергетики и металлургии настоящего и будущему России. Магнитогорск: МГТУ, 2011. С. 92-95.
2. Дёмин Ю.К., Картавцев С.В. Энергосбережение при производстве сжатого воздуха // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 75-78.
3. Трубицына Г.Н., Морозов А.П. Энергосбережение при производстве и осушке сжатого воздуха. Магнитогорск: МГТУ, 2007. 58 с.
4. Черкасский В.М. Насосы. Вентиляторы. Компрессоры. М: Энергия, 1977. 422 с.
5. Чечеткин А.В. Высокотемпературные теплоносители. М: Энергия, 1971. 496 с.

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КАЗАХСТАНА

Джаманбалин Б.К.¹, Грицук С.А.²

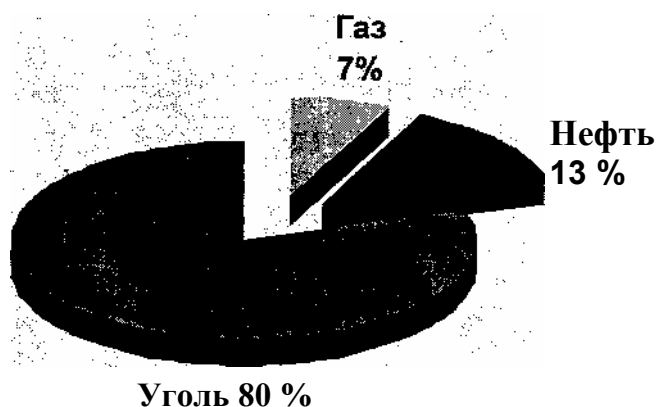
*¹Костанайский социально-технический университет им. З. Алдамжар,
г. Костанай, Казахстан,*

²УрФУ

Министерство индустрии и новых технологий Казахстана разработало проект закона «Об энергосбережении и повышении эффективности». За счет эффективного использования энергетических ресурсов предполагается снижение энергоемкости валового внутреннего продукта на 10 % к 2015 году и на 25 % к 2020 г. Наибольшую часть экономии энергоресурсов в топливно-энергетическом комплексе намечено обеспечить за счет совершенствования технологических процессов.

Казахстан по его природному потенциалу входит в число тех немногих стран мира, которые не только способны полностью обеспечить себя первичными энергетическими ресурсами в настоящее время и на перспективу, но и экспортировать их в значительных объемах.

В республике, занимающей 1,8 % территории всей суши Земли, сосредоточено порядка 0,5 % мировых балансовых запасов минерального топлива, что составляет 30 млрд т у.т. Из них на долю угля приходится 80 %, нефти и газового конденсата – 13 %, природного и попутного газа – 7 %, что отражено на диаграмме (рисунок).



Балансовые запасы
минерального топлива
Казахстана

Следует отметить, что топливно-энергетические ресурсы размещены по территории Казахстана крайне неравномерно: основные запасы угля сосредоточены в Северной и Центральной части Казахстана, Западный регион обладает значительными запасами нефти и газа, Южный Казахстан располагает запасами нескольких мелких месторождений газа и угля, а также крупнейшим Нижнеилийским буроугольным месторождением.

В Казахстане сосредоточено 3,3 % от мировых промышленных запасов угля. По объемам добычи угля Казахстан занимает восьмое место в мире и третье место после России и Украины среди стран СНГ. Всего в Казахстане выявлено более 100 угольных месторождений с геологическими запасами 176,7 млрд т, однако наиболее изученными являются около 40 месторождений, с оценкой промышленных запасов на них 34,1 млрд т.

В Северном и Центральном Казахстане находятся такие крупные угольные бассейны, как Карагандинский (9,3 млрд т), Тургайский (5,8 млрд т), и Экибастузский (12,5 млрд т).

Все угли Казахстана можно разделить на две категории: каменные и бурые. К каменным относятся угли с высшей теплотой сгорания менее 24 000 кДж/кг (5700 ккал/кг) и содержанием влаги 30-40 %. Основная часть – 24,3 млрд т из общих балансовых запасов, приходится на каменные угли (таблица), из которых 6,1 млрд т (35 %) – угли, пригодные для коксования.

Структура балансовых запасов угля Республики Казахстан, млрд т

Наименование	Балансовые запасы	в том числе:	
		A+B+C1	C1
Бурый уголь	14,33	12,39	1,94
Каменный уголь	24,30	21,75	2,55
В том числе: для коксования	6,12	5,82	0,31
Всего по республике	38,63	34,14	4,49

С точки зрения изученности и подготовленности энергоресурсов для промышленного использования балансовые топливно-энергетические ресурсы принято делить на основные категории:

А – разведанные, изученные и подготовленные к добыче (освоенные промышленной разработкой);

В – подготовленные к промышленной разработке (геологически обоснованные, относительно разведанные и оконтурованные, предварительно опробованные);

С1 – установленные на основании геологического изучения (разведенные с помощью бурения);

С2 – определенные на основании геологического изучения;

Сумма трех категорий А+В+С1 представляют собой промышленные запасы месторождений, на которые можно ориентироваться при прогнозировании развития топливно-энергетического комплекса.

По общим разведанным запасам углеводородного сырья Казахстан входит в первую десятку мира. В республике открыто 191 месторождение углеводородного сырья.

Запасы нефти промышленных категорий имеются в шести административных областях (Актауской, Мангистауской, Актюбинской, Западно-Казахстанской, Джекказганской и Кызылординской). Основным объемом прогнозных запасов нефти и свободного газа приходится на прикаспийскую впадину. Большая часть прогнозных запасов углеводородного сырья Прикаспийской впадины, т. е. 90 % нефти, 98 % газа и 100 % конденсата, размещены в подсолевом комплексе в интервале глубин 5-7 км. Здесь потенциальные запасы углеводородов уступают лишь Западной Сибири России.

Казахстан, обладая хорошей сырьевой базой, уже сейчас может довести добычу нефти до 6-7 млн баррелей в день (для сравнения добыча нефти в Саудовской Аравии составляет 8,7 млн баррелей, а в США – 8,6 млн баррелей в день). Это будет возможно при условии осуществления проектов строительства нефтепроводов, позволяющих экспортировать сырую нефть до портов Черного и Средиземного морей. Намеченные к строительству нефтепроводы Тенгиз – Новороссийск, Актау – Тегеран, Западный Казахстан – Кумколь обеспечат выход Казахстана на мировой рынок нефти. Возможными рынками сбыта нефти и нефтепродуктов для Казахстана являются Пакистан, Индия, Китай.

В балансе энергетических ресурсов Казахстана следует отметить и гидроэнергетический потенциал. По сравнению с Россией, гидроэнергетический потенциал которой оценивается в 850 млрд кВт·ч, а технически возможный для использования – 162,9 млрд кВт·ч, гидроэнергетические ресурсы Казахстана в несколько раз меньше. Гидротехнический потенциал Казахстана оценивается в 162,9 млрд кВт·ч, технически возможный для использования – 62 млрд кВт·ч, а экономически целесообразный к освоению оценивается в 27 млрд кВт·ч.

Казахстан обладает большим потенциалом солнечной энергии. Количество солнечных часов в год достигает (220-3000) часов, а годовой уровень солнечной радиации составляет (1300-1800) Вт/м². Особенно велик потенциал солнечной энергии на юге и юго-западе Казахстана. Одним словом, имеются перспективы развития солнечной энергетики, рассматриваются планы производства солнечных фотоэлементов в Казахстане.

Природных топливно-энергетических ресурсов у Казахстана на весь обозримый период вполне достаточно для того, чтобы развить мощный топливно-энергетический комплекс, способный снабдить республику не только первичными энергоресурсами, но и продуктами их переработки, обеспечив потребителей на внутреннем рынке республики и создав условия для поддержания необходимого экспорта сырья и конечной продукции.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

*Джаманбалин Б.К., Грищук С.А.
УрФУ*

Электропотребление в Казахстане, без учета потребителей Национальной акционерной компании по атомной энергетике, достигло своего пика в 1990 году и составило 100,4 млрд кВт·ч. Начавшийся в последующем спад производства и экономический кризис привели к тому, что электропотребление сокращается приблизительно на 6-8 % в год вследствие уменьшения объема производства промышленных предприятий.

Около 80 % вырабатываемой в Казахстане электроэнергии приходится на энергосистему Северного Казахстана, использующую, в основном, уголь Экибастузского и Карагандинского бассейнов. Одновременно Северная зона является и самым крупным потребителем среди трех зон республики – на нее приходится около 71 % всего потребления электроэнергии в Казахстане. Северная зона Казахстана является единственной, которая удовлетворяет свои потребности в электроэнергии.

В Южной и Западной зонах Казахстана наблюдается дисбаланс между спросом и производством электроэнергии, обе зоны являются крупными импортерами. Западный Казахстан импортировал 3,5 млрд кВт·ч (62 % собственной потребности) из энергосистемы России. Южный Казахстан импортировал 4,3 млрд кВт·ч (29 % своей потребности), в т.ч. 3,2 млрд кВт·ч из соседних южных государств Центральной Азии, 1,1 млрд кВт·ч – из Северного Казахстана.

По крайней мере, к 2050 г. миру потребуется удвоить сегодняшний уровень энергоснабжения для удовлетворения увеличивающегося спроса.

Большее количество первичной энергии потребуется в 2020 г., хотя некоторые регионы умерят свою потребность благодаря использованию энергосберегающих технологий.

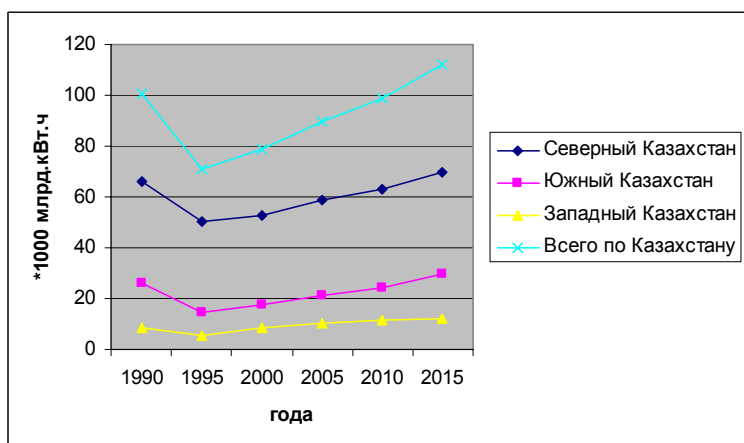
В соответствии с программой энергосбережения, подготовленной правительством Казахстана, предполагается достичь экономии более 100 миллиардов тенге (\$700 млн) в год за счет эффективного использования энергии. Так, например, на 15 крупных промышленных предприятиях Казахстана потребляющих 30 % всей электроэнергии планируется экономить 4 млрд кВт·ч, а в жилищно-коммунальном секторе – до 1,3 млрд кВт·ч ежегодно.

Для достижения удвоения энергоснабжения политики и экономисты должны постоянно быть в курсе всех энергетических инноваций: эффективное ис-

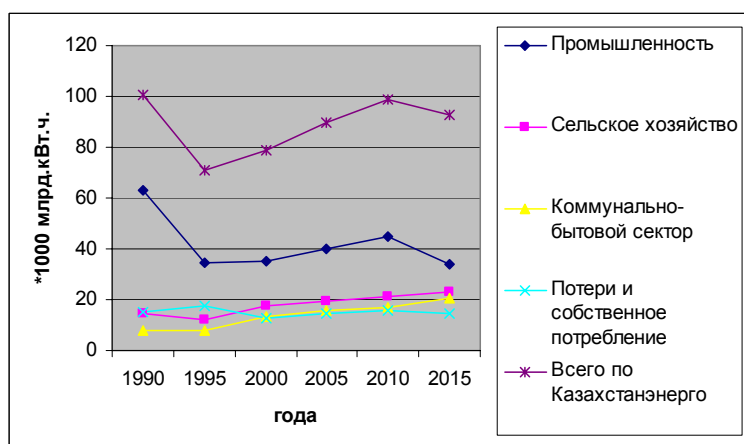
пользование энергии сегодня является необходимым условием социально-экономического развития общества.

В соответствии с различными сценариями развития экономики Республики Казахстан прогнозируются три уровня электропотребления и максимальной электрической нагрузки. При разработке концепции развития электроэнергетики эти три уровня соответствовали следующим показателям среднегодовых темпов прироста электропотребления в период 1990–2015 гг.: максимальный – 3,8 %, средний – 3 % и минимальный – 2,4 %.

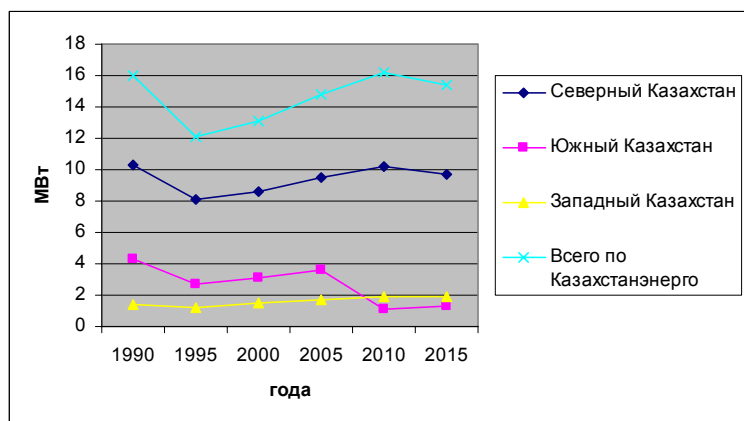
На рисунке приведены прогнозы электропотребления и электрической нагрузки на перспективу по регионам, структура электропотребления по Казахстану.



А



Б



В

Прогноз электропотребления Казахстана
А – по регионам, Б – по группам потребителей, В – по максимальной нагрузке

В сценарии развития энергетики Казахстана решено осуществить новый подход, отойдя от строго статистического моделирования, который должен привести к глубокому проникновению в вопрос будущего энергетики и позволить сосредоточиться на политике, призванной гарантировать надежность энергетики и экономическую безопасность, обеспечить подъем экономики страны, проведение независимого и социально ориентированного экономического курса, усиление интеграционных процессов в Содружестве Независимых Государств.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА

*Дремина С.С., Велькин В.И., Щеклеин С.Е.
УрФУ*

В мире все большее распространение находят тепловые насосы, используемые для теплоснабжения, хладоснабжения и горячего водоснабжения. В России опыта внедрения теплонасосных установок практически нет, поэтому в качестве опытной установки совместно с сотрудниками кафедры «Атомная энергетика» проанализируем варианты внедрения теплового насоса для энергоэффективного дома в поселке Растущий в квартире № 8 для системы «теплый пол» на первом этаже.

Установка теплового насоса состоит из отдельных контуров, в которых жидкости или газы переносят тепло от источника теплоты к отопительной установке. В теплообменниках тепло передается от одной среды с более высокой температурой среде с более низкой температурой. Источником теплоты для теплового насоса geoTHERM от Vaillant мощностью 5,5 кВт является теплота Земли. Тепловой насос поставляется заправленным хладагентом R 407C. Он представляет собой не содержащий хлора хладагент, не влияющий на озоновый слой Земли.

Для данного теплового насоса возможны 4 схемы использования тепла земли:

1. Схема с прямым контуром отопления
2. Смесительный контур с буферной емкостью
3. Схема с прямым контуром отопления и емкостной водонагреватель
4. Смесительный контур с буферной емкостью и емкостным водонагревателем.

По схеме с прямым контуром отопления (данная схема представлена на рис. 1), тепловой насос подключается непосредственно к напольному отопительному контуру. Обычно регулирование выполняется посредством регулирования энергобаланса. Необходимо подключить датчик температуры подающей линии VF2 (напольная схема защиты). По схеме с прямым контуром отопления и емкостным водонагревателем, кроме того, от теплового насоса работает емкостной водонагреватель.

При схеме «Смесительный контур с буферной емкостью» (схема 2) нерегулируемые напольные отопительные контуры работают с внешним насосом отопительного контура из буферной емкости посредством смесителя. Датчик

температуры подающей линии находится по схеме за внешним насосом. Тепловой насос реагирует на запрос теплоты буферной емкости. При схеме 4 от теплового насоса работает еще и емкостной водонагреватель. Схема «Смесительный контур с буферной емкостью и емкостным водонагревателем» представлена на рис. 2.

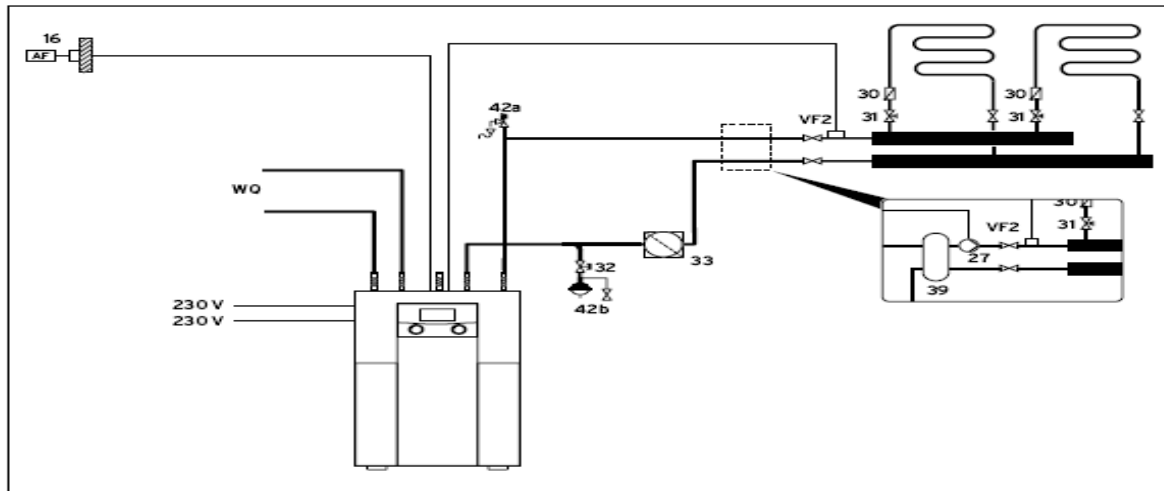


Рис. 1. Схема с прямым контуром отопления

30 – Обратный клапан гравитационного типа; 31 – Регулировочный клапан с индикатором положения; 32 – Колпачковый клапан; 33 – Воздухоотделитель/грязевой фильтр; 42a – Предохранительный клапан; 42b – Расширительный бак; AF – Датчик температуры наружного воздуха; VF2 – Датчик температуры подающей линии; WQ – Контур источника теплоты опционально для гидравлического разъединения; 27 – Насос отопительного контура с управляющей линией к тепловому насосу; 39 – Гидравлический разделитель.

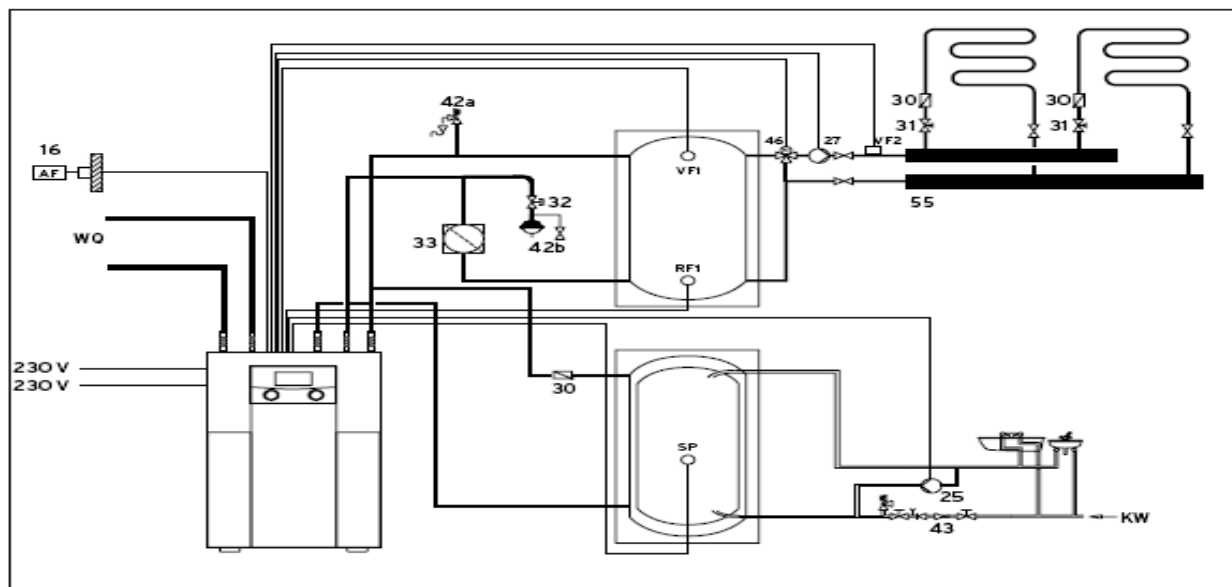


Рис. 2. Смесительный контур с буферной емкостью и емкостным водонагревателем

25 – Циркуляционный насос; 27 – Насос отопительного контура; 30 – Обратный клапан гравитационного типа; 32 – Колпачковый клапан; 31 – Регулировочный клапан с индикатором положения; 33 – Воздухоотделитель/грязевой фильтр; 42a – Предохранительный клапан; 42b – Расширительный бак; 43 – Группа безопасности водонагревателя холодной водопроводной воды; 46 – Смесительный клапан; SP – Датчик температуры водонагревателя; AF – Датчик температуры наружного воздуха; VF1 – Датчик температуры вверху буферной емкости; VF2 – Датчик температуры подающей линии; RF1 – Датчик температуры на дне буферной емкости; WQ – Контур источника теплоты; KW – Холодная вода.

Схемы с использованием емкостного водонагревателя не применимы для энергоэффективного дома, так как для снабжения квартиры № 8 горячей водой используется солнечный коллектор.

Из приведенных схем для отопления энергоэффективного дома выбрана схема 2 – «Смесительный контур с буферной емкостью». Использование буферной емкости имеет ряд достоинств:

1. Покрытие отопительных нагрузок при выходе теплового насоса из строя.

Теплота, накопленная в буферной емкости, будет передаваться на отопление даже в аварийных ситуациях.

2. Экономичный режим работы теплового насоса. Это позволяет регулировать температуру отопительного контура и поддерживать ее минимальной при отсутствии жителей квартиры № 8, например, когда они находятся на работе. В результате уменьшаются затраты на использование электроэнергии для работы компрессора теплового насоса.

Внедрение тепловых насосов имеет ряд преимуществ:

- для повышения надежности теплоснабжения в случае потери газоснабжения;
- для снижения затрат на отопление;
- для повышения комфортности и гибкости регулирования пикового режима.

Библиографический список

1. Инструкция для специалиста по монтажу Vaillant geoTHERM. 89 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОСЕТЕЙ

Земсков П.Д., Дубаев А.В., Трубицын К.В.

*Самарский государственный технический университет
tef-samgtu@yandex.ru*

Эффективность работы тепловой сети (или циркуляционной системы) определяется ее гидравлическим совершенством. В большом числе существующих тепловых сетей (циркуляционных систем) при эксплуатации не реализуются полностью заложенные в них возможности, что обусловлено многими причинами: ошибками проектирования, засоренностью трубопроводов или наличием чрезмерно прикрытых задвижек, повышенным разрежением на всасе насосов, параллельной работой насосов со значительно различающимися мощностями, наличием паразитных циркуляций и пр. Выявить весь комплекс этих причин и определить степень влияния каждой из них на эффективность работы можно лишь с помощью модели, в которой данная система рассматривается как единое целое, и полностью имитируются протекающие в ней гидравлические процессы [1, 2].

В основе расчета сложных кольцевых гидравлических систем лежат два условия, аналогичные требованиям, предъявляемым к расчету электрических сетей [1-3]. Первое условие – это соблюдение уравнения баланса расходов, т.е. равенства притока и оттока воды в каждом узле

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0. \quad (1)$$

Второе условие – равенство нулю потерь напора при обходе каждого кольца

$$\sum_{i=1}^n h_i = 0. \quad (2)$$

Соотношений (1) и (2) формально достаточно для построения замкнутой системы уравнений, с помощью которой можно определить неизвестные расходы в ветвях сети и давления в ее узлах. Вследствие того что сопротивление сети подчиняется квадратичному закону, система уравнений получается нелинейной. Для составления такой системы алгебраических нелинейных уравнений в настоящей работе используется аппарат линейной алгебры и теория графов. Этот аппарат удобен при компьютерной реализации и позволяет наиболее полно отразить тепловые и гидравлические процессы, протекающие в теплосети. Для решения системы алгебраических нелинейных уравнений в работе [3] разработаны эффективные алгоритмы. Из решения такой системы уравнений определяются значения расхода и давления в любой точке теплосети.

На основе изложенного алгоритма были построены компьютерные модели тепловых сетей г. Самары, запрашиваемых от следующих источников: Самарская ТЭЦ, Безымянская ТЭЦ, Самарская ГРЭС, Центральная и Привокзальная отопительные котельные. Полученные результаты позволили оценить современное состояние тепловых сетей, а также выдать рекомендации по наиболее оптимальной их реконструкции.

В качестве конкретного примера рассмотрим результаты расчетов второго тепловывода тепловой сети Привокзальной отопительной котельной, так как существуют проблемы, затрудняющие его эксплуатацию, и ожидается увеличение тепловой нагрузки. Состояние тепловывода характеризуется следующими факторами: эпюрами давления в прямом и обратном трубопроводах; расходом жидкости (скорости течения среды); диаметрами трубопроводов; отметками высоты расположения потребителей.

Вся эта информация может быть получена с помощью компьютерной модели в виде графиков [эпюры давлений на рисунке с указанием диаметров трубопроводов и отметок высоты расположения потребителей (линия 3)]. По оси ординат обозначен пьезометрический напор H , по оси абсцисс – длина L трубопроводов тепловывода.

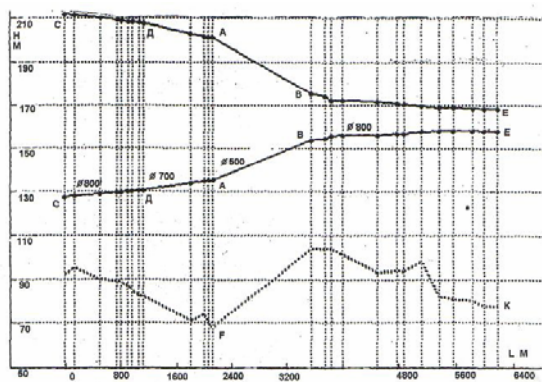


Рис. 1, а

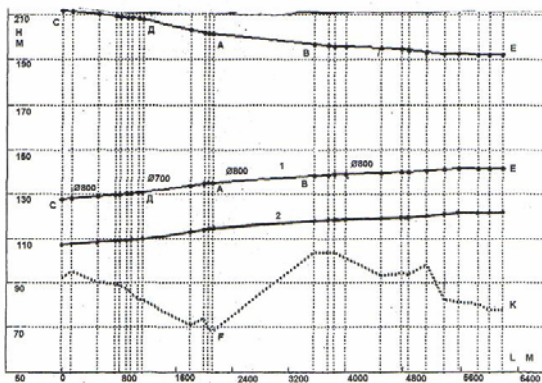


Рис. 1, б

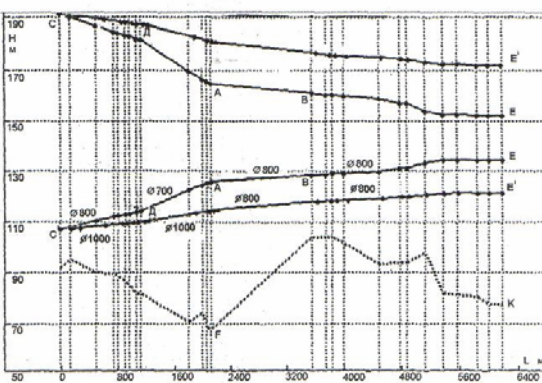


Рис. 1, в

Следует отметить, что в точке *А* происходит разветвление второго теплового вывода на верхнюю и нижнюю части. Расход теплоносителя до точки *А* составляет 2642 по прямому и 2231 т/ч по обратному трубопроводам. В точке *А* жидкость в количестве 435 т/ч поступает на верхнюю и 2107 т/ч на нижнюю часть теплового вывода. В обратном трубопроводе соответственно 371 и 1860 т/ч. Вследствие того что расход жидкости на верхнюю часть теплового вывода невелик, значения давления теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах здесь находятся в пределах нормативов. Поэтому эта часть теплового вывода на рисунке не показана.

Из анализа эпюр давлений (рисунок *а*) следует, что разность значений давления между прямой и обратной магистралями составляет около 0,1 МПа (10 м вод. ст.) при норме не менее 0,2 МПа (20 м вод. ст.). Кроме того, давление в обратном трубопроводе у потребителей, расположенных в пониженных участках местности (точки *В* и *К*), превышает 0,6 МПа (60 м вод. ст.) при норме не более 0,6 МПа. Основная причина такого распределения давлений — это большие потери напора по длине трубопроводов,

вызванные в основном малыми их диаметрами на отдельных участках. Так, на участке *АВ* длиной около 1 км и диаметром 500 мм потеря напора составляет 0,15 МПа (15 м вод. ст.), что выражается большим наклоном эпюры.

Если диаметр трубопровода на участке *АВ* увеличить до 800 мм, то эпюры давлений примут вид, показанный на рисунке *б* (давление в обратном трубопроводе характеризует кривая *1*). Анализ этих результатов позволяет заключить, что разность давлений прямого и обратного трубопроводов достигает 0,45 МПа (45 м вод. ст.), т.е. находится в пределах нормативных значений. Кроме того, существенно снижается давление в обратном трубопроводе у потребителей в точке *К* [до 0,62 МПа (62 м вод. ст.)]. Тем не менее, несмотря на уменьшение давления на втором тепловом выводе, давление в обратном трубопроводе у потребителей в точках *В* и *К* незначительно [на 0,02...0,03 МПа (2...3 м вод. ст.)] превышает предельно допустимое значение, равное 0,6 МПа.

Выход из создавшейся ситуации может быть найден лишь в том случае, если удастся понизить давление в обратной магистрали или по всей ее длине, или на отдельных участках (в точках F и K). Так как на Привокзальной отопительной котельной в стадии строительства находится понижающая насосная (точка C на обратной магистрали), предназначенная для уменьшения давления по всей длине обратной магистрали, то и она была включена в компьютерную модель, чтобы определить ее эффективность. Так, в модель включены два насоса СЭ-1250, которые планируется установить на новой понижающей насосной. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что давление в обратном трубопроводе (точки F и K) снижается на 0,2 МПа (20 м вод. ст.) [кривая 2 на рисунке б] и становится значительно меньше предельно допустимых значений. Таким образом, второй тепловывод оказывается работоспособным. Однако установка насосов СЭ-1250 позволит использовать лишь 1/3 их мощности, а 2/3 будут теряться на регулируемых задвижках. Вследствие того что насосы другой марки отсутствуют в номенклатуре производимых насосов, необходимо рассмотреть возможность применения привода с регулируемой частотой вращения, либо выполнить обточку колес насосов для снижения их производительности и, следовательно – потерь электроэнергии.

Приведенные результаты исследований относятся к ситуации, когда отсутствует дополнительная нагрузка, вызванная появлением новых потребителей. На рисунке в представлены результаты исследований для случая, когда в верхней части второго тепловывода добавляется дополнительная нагрузка 1000 т/ч, в нижней – 500 т/ч (понижающая насосная находится в работе). Тогда через участок CA второго тепловывода будет проходить количество жидкости, равное $2231 + 1000 + 500 = 3731$ т/ч, а через участок AB – $2107 + 500 = 2607$ т/ч. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что увеличение нагрузки привело к существенному изменению эпюр давлений. Так, вновь появились проблемы (кривая CE), вызванные недостаточным перепадом давлений между прямой и обратной магистралями в конце тепловывода [менее 0,2 МПа (20 м вод. ст.)], а также повышенным давлением (более 0,6 МПа) в обратном трубопроводе у потребителей, находящихся на пониженных участках местности (точки F и K). Наблюдается сильный наклон эпюр давления на участке DA (рисунок в), что объясняется возросшим расходом жидкости через него (на 1500 т/ч) и недостаточным для такого расхода диаметром трубопровода, равным 700 мм. Большой наклон имеет и эпюра давления на участке CD (диаметр 800 мм). Поэтому был проведен расчет с увеличенными до 1000 мм диаметрами трубопроводов на участках CD и DA . Анализ результатов показал, что практически все проблемы, вызванные указанными причинами, были сняты (кривая CE).

Библиографический список

1. Исследование гидравлических режимов работы циркуляционной системы Тольяттинской ТЭЦ на компьютерной модели / С.В. Колесников, В.В. Дикоп, С.В. Томкин, В.А. Кудинов // Изв. вузов СНГ. Энергетика. 2002. № 6. С. 90-95.
2. Разработка компьютерной модели и исследование работы циркуляционной системы Новокуйбышевской ТЭЦ-2 / В.А. Кудинов, А.Г. Коваленко, С.В. Колесников, Ю.С. Панамарев // Изв. АН. Энергетика. 2001. № 6. С. 118-124.
3. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. М.: Наука, 1985.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С ЗАХВАТОМ И ХРАНЕНИЕМ УГЛЕРОДА

Змеева А.В., Абаимов Н.А., Павловская Н.А., Богатова Т.Ф.
УрФУ, tes.urfu@mail.ru

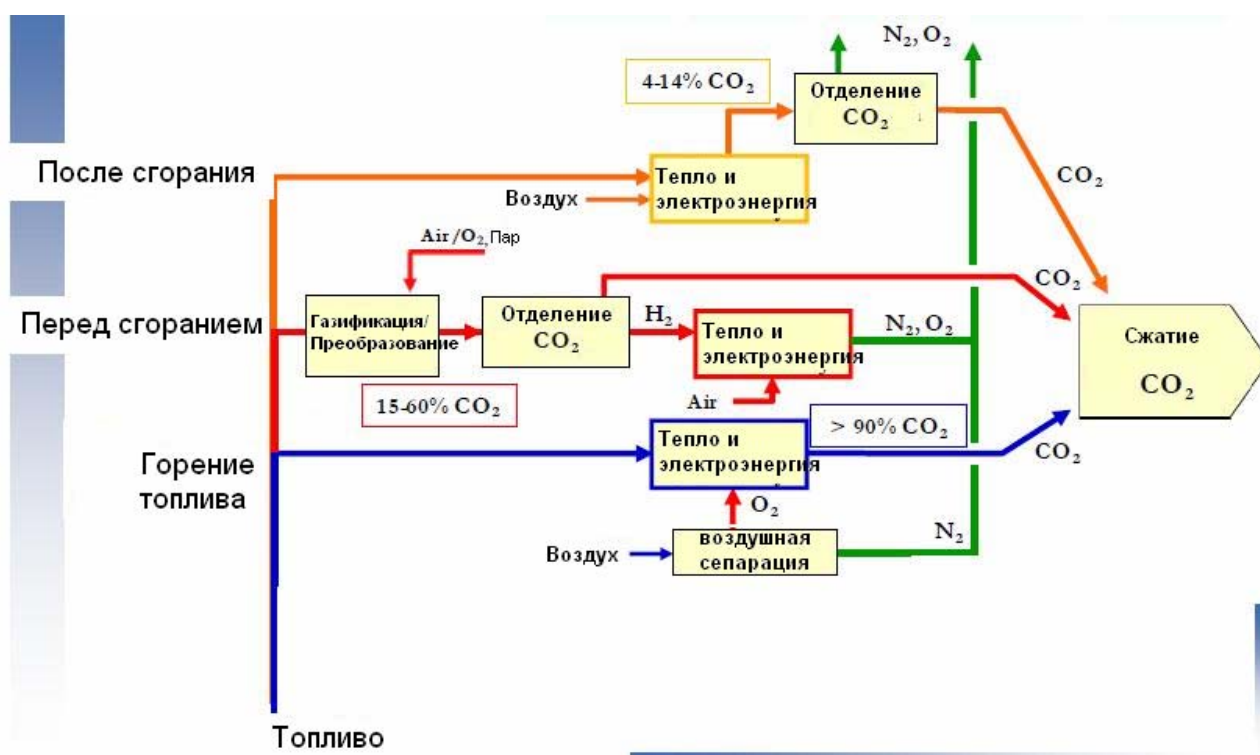
Экологические проблемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, в том числе диоксида углерода, при выработке электроэнергии являются сегодня наиболее острыми. Сегодня выбросы углекислого газа при выработке электроэнергии составляют около 41 % от всего количества выбросов CO₂ в мире, из них 68,1 % приходится на выбросы при сжигании угля [1].

Одной из технологий производства электроэнергии, имеющих самый высокий потенциал улавливания (захвата) CO₂, с низкими затратами и потерями в эффективности, является Интегрированный Комбинированный Цикл Газификации (IGCC). В технологии IGCC с захватом углерода перед сгоранием (*pre-combustion*) максимизируется уровень водорода в синтетическом газе, а углерод концентрируется в форме CO₂, что делает возможным процесс захвата углерода с использованием физических или химических методов. После улавливания CO₂ и H₂S в двухуровневой системе Кислотного Газового Удаления (*Acid Gas Removal – AGR*) богатый водородом синтетический газ используется для производства электроэнергии. Другой вариант улавливания углекислого газа по технологии IGCC основан на захвате CO₂ после сгорания топлива (*post-combustion*) путем поглощения в химических растворителях (например, *alkanolamines*). Технологии захвата и хранения диоксида углерода (*Carbon Capture and Storage – CCS*) представлены на рисунке.

Для анализа технологии производства электроэнергии, основанной на процессе CO-газификации угля с биомассой (например, опилками, сельскохозяйственными отходами) или твердыми отходами (например, муниципальный мусор, отстой сточных вод и т.д.) рассматривались варианты с производством электроэнергии в твердотопливной ПГУ суммарной мощностью на уровне 400–500 МВт, при степени улавливания диоксида углерода не менее 90 % [2].

При анализе типов газогенераторов с целью применения их в схемах производства электроэнергии с использованием технологий IGCC и CCS, было определено, что наиболее перспективными являются поточные газогенераторы. Поэтому оценка эффективности технологий рассмотрена для данного типа газогенераторов, и конкретно фирмы Siemens.

Были исследованы различные виды топлива, в составе которого в пропорции 80:20 (по массе) смешивались уголь и разные типы биомассы или твердых отходов.



Технологии захвата и хранения диоксида углерода

Схемы производства электроэнергии на основе IGCC с улавливанием углекислого газа были смоделированы и воспроизведены на базе программного обеспечения ChemCAD, с использованием технологии Selexol® (физическое газ-жидкостное поглощение) в случае захвата углерода перед горением топлива или MDEA (*methyl-diethanol-amine*) – в случае захвата углерода перед или после сжигания топлива. Сравнение полученных данных приведено в таблице [1].

Основные характеристики технологий газификации с улавливанием CO₂

Показатели	Единицы измерения	MDEA Захват после сжигания	MDEA Захват перед сжиганием	Selexol® Захват перед сжиганием
Мощность газовой турбины (M701G2)	МВт	334,00	334,00	334,00
Мощность паровой турбины	МВт	126,67	190,72	197,50
Электрическая мощность станции (нетто)	МВт	366,34	415,30	420,41
КПД _{эл} (нетто)	%	35,10	35,58	36,02
Степень улавливания CO ₂	%	90,38	91,25	92,35
Удельные выбросы CO ₂	кг/МВт	92,31	86,62	76,12

Из приведенных данных видно, что КПД_{эл} нетто (с учетом собственных нужд) составил 35–36 % при степени улавливания углекислого газа 90–92 %. Уровень выбросов CO₂ оказался в диапазоне 76–92 кг/МВт (в технологии IGCC без захвата диоксида углерода эмиссия CO₂ находится в диапазоне 700–800 кг/МВт). Было также определено, что улавливание диоксида углерода увеличивается с увеличением температуры процесса, особенно свыше 910 °С, и времени пребывания частиц угля в газогенераторе, но не зависит от размеров частиц угля.

Сравнение способов улавливания диоксида углерода показало, что наиболее эффективным является захват диоксида углерода перед сжиганием топлива, другой же способ – после сжигания топлива – менее эффективен с точки зрения КПД_{эл} нетто приблизительно на 0,5 %.

Эти данные были получены при использовании в качестве топлива чистого угля.

Было установлено также, что на полную эффективность использования энергии добавление альтернативных видов топлива к углю не оказывает значительного влияния. В большинстве случаев эффективность уменьшается на 0,14–1,4 %, и в некоторых случаях эффективность увеличивается на 1,2 % (МВМ). Этот факт подчеркивает хороший потенциал технологии IGCC в использовании различных низкопотенциальных видов топлива при высокой эффективности использования энергии. Технология IGCC обладает также другими преимуществами с экологической точки зрения: очень низкие выбросы SO_x и NO_x, возможность использовать угли более низкого качества или другие типы твердого топлива, которые трудно использовать в традиционных энергетических технологиях.

Библиографический список

1. C-C. Cormos, A. Padurean, A-M.Cormos, P. S. Agachi. Power Generation Based on Coal and Low-grade Fuels Co-gasification with Carbon Capture and Storage //The Fifth International Conference on Clean Coal Technology (CCT2011) held in Zaragoza, Spain May 8-12, 2011.
2. Ana Cuadrat, A. Abad, J. Adónez, L. F. de Diego, F. García-Labiano, P. Gaybón. Optimization of Direct Chemical Looping Combustion for Solid Fuels with Ilmenite as Oxygen Carrier//The Fifth International Conference on Clean Coal Technology (CCT2011) held in Zaragoza, Spain May 8-12, 2011.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДА РАСЧЁТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ТЕПЛОФИКАЦИИ

Зубов Д.И., Суворов Д.М.

Вятский государственный университет, г. Киров

e-mail: dmilar@mail.ru

В книге Соколова Е.Я. [1] предлагается рассчитывать удельную экономию условного топлива за счёт комбинированной выработки электрической энергии на ТЭЦ по формуле:

$$\Delta b_3 = \frac{143}{\eta_{к.с.}} \cdot \frac{Q_m}{Q} \cdot \frac{H_m}{H_k} \cdot \frac{(1+e_m)}{(1+e_k)} \cdot \frac{(i_k - \bar{t}_k)}{(i_k - t_{к.м.})}.$$

В пересчёте на единицу отпуска теплоты из отборов и без учета КПД котельного агрегата (в этом случае удельная экономия теплоты переводится в относительные единицы и относится не к теплоте топлива, а к теплоте турбоустановки) эту формулу можно записать в следующем виде:

$$\Delta q_{эк} = \frac{q_k}{q_{от}} \cdot \frac{H_m}{H_k} \cdot \frac{(1+e_m)}{(1+e_k)},$$

где q_k – разность энтальпий пара и конденсата в конденсаторе;

$q_{от}$ – разность энтальпий пара и конденсата в теплофикационном отборе;

H_m – разность энтальпий пара на входе в турбину и в теплофикационном отборе;

H_k – разность энтальпий пара на входе в турбину и в конденсаторе.

Обозначим отношение степени регенерации турбины в режиме работы с отопительным отбором к степени регенерации при работе в конденсационном режиме как

$$K_p = \frac{(1+e_m)}{(1+e_k)},$$

где e_m – относительная выработка электроэнергии на базе внутреннего теплового потребления в режиме комбинированной выработки; e_k – относительная выработка электроэнергии на базе внутреннего теплового потребления в конденсационном режиме.

В более поздних работах Е.Я. Соколов отмечает, что по указанной методике можно определять энергетический эффект теплофикации только при условии, что при переходе от конденсационного к теплофикационному режиму относительные внутренние КПД всех отсеков турбины остаются неизменными, и что на самом деле это условие зачастую не выполняется.

В данной работе приведены результаты сравнения расчёта теоретической экономии энергии топлива по формуле Е.Я. Соколова и реальной экономии, рассчитанной с помощью детальной программы расчёта тепловой схемы турбины Т-50-130, разработанной и реализованной сотрудниками ВятГУ Е.И. Эфросом и В.М. Суших.

Реальная удельная экономия теплоты турбоустановки при теплофикации определялась как отношение изменения потерь теплоты в конденсаторе ΔQ_k ,

взятого с обратным знаком, к изменению величины отопительной нагрузки ΔQ_K по сравнению с конденсационным режимом:

$$\Delta q_{\text{эк}}^p = \frac{-\Delta Q_K}{\Delta Q_{\text{от}}}.$$

Результаты были получены при двух значениях электрической мощности: 30 и 50 МВт. Расчёт теоретических значений проводился с помощью построенного на h - s диаграмме процесса расширения пара (параметры пара в точках отбора были вычислены по программе Т-50-130, в которой был смоделирован конденсационный режим работы турбины) при значениях давления в проточной части 50, 100, 150 и 196 кПа. Расчёт реальной экономии энергии топлива был проведён при таких же давлениях в нижнем отопительном отборе, при этом тепловая нагрузка изменялась от 10 МВт и до максимально возможной, то есть до полного закрытия регулирующей диафрагмы части низкого давления. Для большей наглядности результатов расчёты проводились в режиме работы турбины с одноступенчатым подогревом.

В ходе расчётов было выяснено, что удельная экономия теплоты с учётом коэффициента K_p изменяется в пределах 0,74-0,56 при электрической мощности 30 МВт и 0,78-0,61 при 50 МВт (рис. 1).

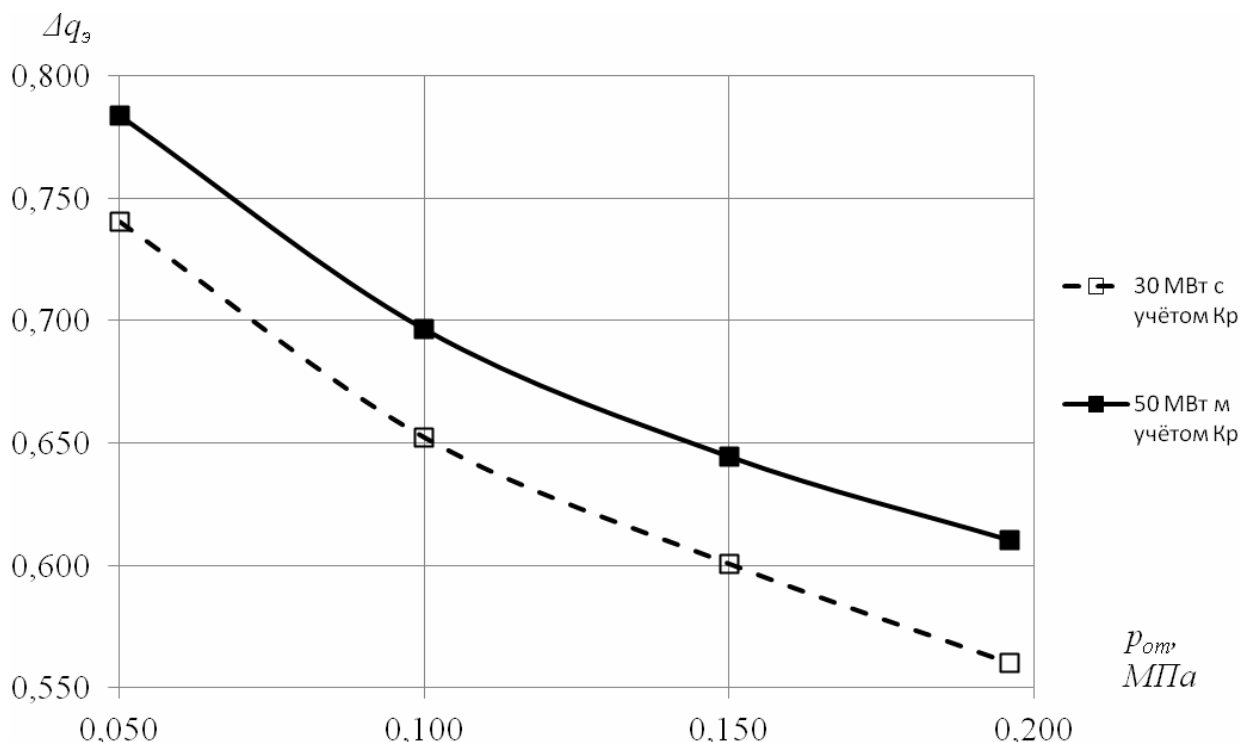


Рис. 1. Зависимость удельной экономии теплоты при теплофикации от давления в отопительном отборе

На рис. 2 представлена зависимость отношения реальной экономии к теоретической в зависимости от отопительной нагрузки при различных давлениях в отопительных отборах. Если говорить о точности расчётов с помощью приближённой формулы, то, как видно из рис. 2, при электрической мощности 30 МВт наибольшая точность будет при тепловой нагрузке 60-70 МВт, а при мощности 50 МВт – при тепловой нагрузке более 80 МВт.

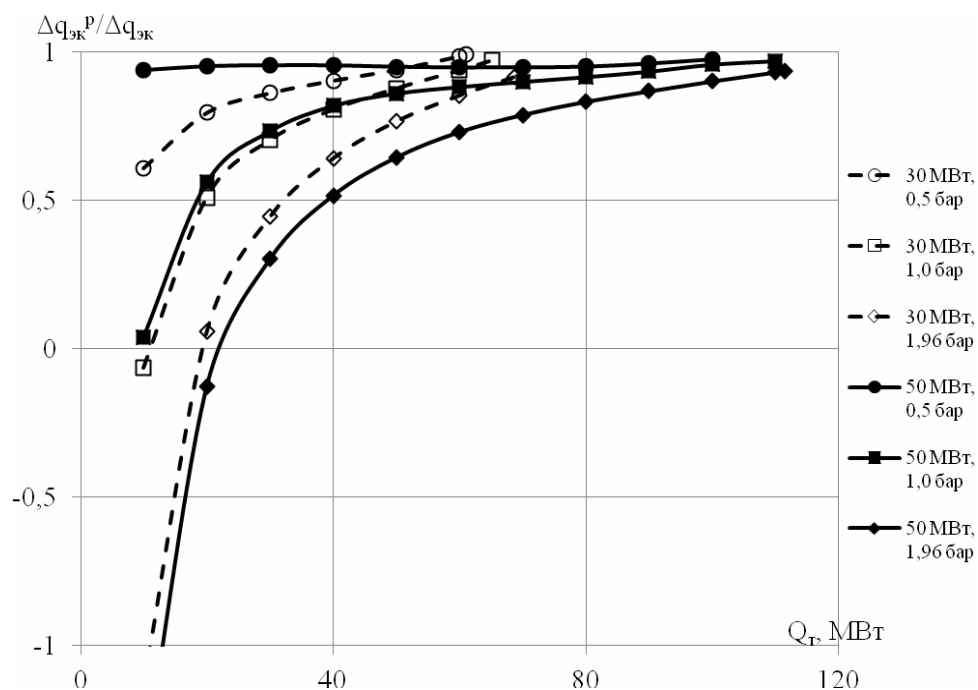


Рис. 2. Зависимость отношения реальной экономии к теоретической при различных тепловых нагрузках

Однако же при давлении в отборе около 0,5 бар и электрической мощности 50 МВт теоретическая и реальная экономия совпадают на всём диапазоне рассматриваемых теплофикационных нагрузок. При нагрузках менее 60 МВт теоретическая экономия перестаёт соответствовать реальной в большинстве рассмотренных режимов.

Таким образом, по результатам расчетных исследований можно сделать следующие выводы.

- Упрощённая формула для расчёта энергетической эффективности теплофикации может использоваться с достаточной точностью только при больших отопительных нагрузках.
- Точность расчётов по упрощенной формуле тем выше, чем меньше давление в отопительном отборе.

Библиографический список

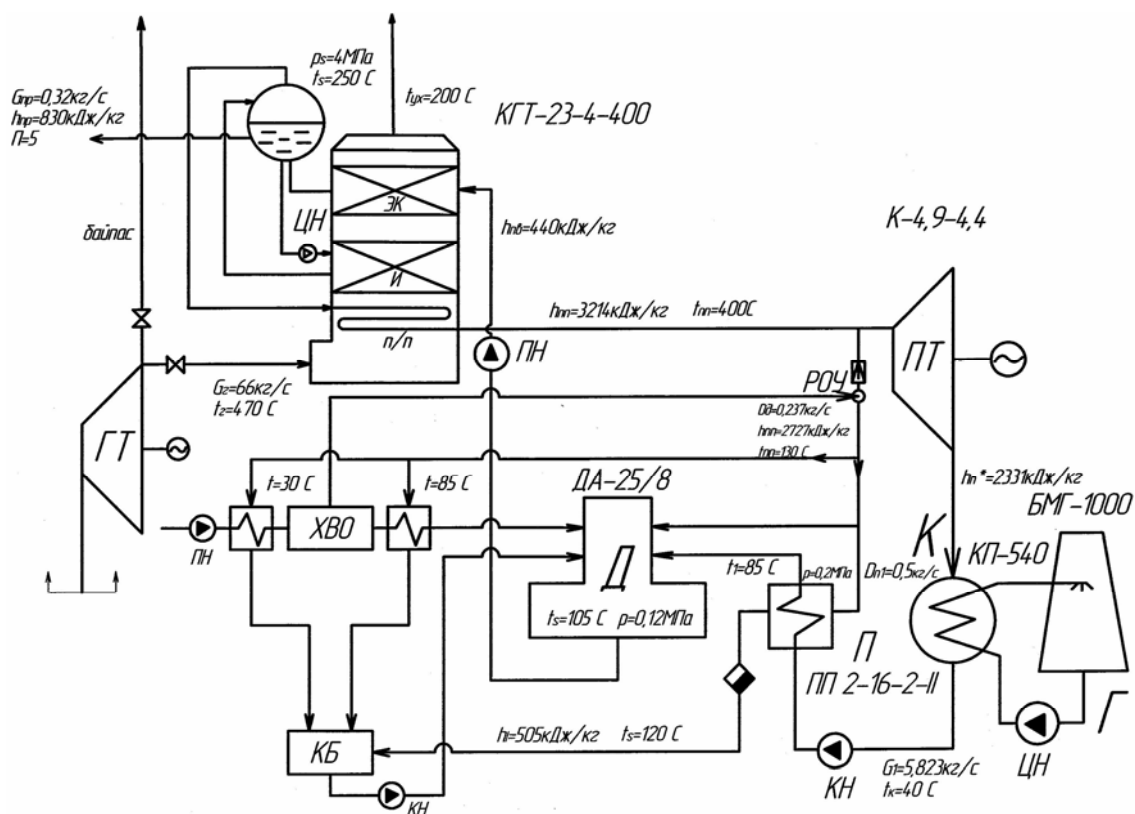
1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Госэнергоиздат, 1963. 360 с.

ПАРОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ ЛИНЕЙНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*Ивакина С.А., Абдуллин Р.Р., Муңц В.А.
УрФУ, e-mail: svetlana-ivakina@mail.ru*

С целью утилизации теплоты уходящих газов за газовыми турбинами ЛПУ проработан проект установки парового котла-утилизатора и паровой турбины. Котел-утилизатор обеспечивает повышение КПД цикла газотурбинной ус-

тановки за счет утилизации теплоты выхлопных газов, а также для улучшения экологических параметров энергоустановки за счет снижения температуры выхлопных газов от 470 до 200 °С.



Выхлопные газы от газовой турбины поступают в паровой котел-утилизатор, где охлаждаются в последовательно расположенных по ходу газов поверхностях нагрева до 200 °С.

Пар подается из пароперегревателя на дроссельные и запорные клапаны паровой турбины, а также через редукционно-охладительное устройство на деаэратор. Линия оборудована измерительными приборами расхода, давления и температуры и предохранительными клапанами, автоматическим сливом и запорным клапаном.

Затем пар попадает из турбины в конденсатор, где он конденсируется. Далее конденсат конденсатными насосами подается в подогреватель, где нагревается до требуемой температуры на входе в деаэратор. Конденсат после подогревателя также направляется в деаэратор. Питательная вода из деаэратора подается в барабан котла питательным насосом с одним резервным насосом.

Подпитка парового цикла предусматривается химочищенной водой, подаваемой в деаэратор и на РОУ. Химочищенная вода, кроме подпитки цикла, используется для подпитки замкнутого контура охлаждающей воды. Принципиальная схема ПГУ приведена ниже.

Оценка экономической эффективности инвестиций в проект показала, что дисконтированный срок окупаемости парогазовой установки мощностью 4,51 МВт составит 10 лет 9 месяцев.

Более удачной и экономичной, на наш взгляд, будет установка котла-утилизатора за газовой турбиной с выработкой пара для впрыска в камеру сгорания. Парогазовая установка с впрыском пара (ПГУ ВП) позволяет снизить температуру уходящих газов и увеличить работу турбины на 30 %, тем самым уменьшая расход топлива.

МЕТОДИКА ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

*Иконников И.С., Тупоногов В.Г.
УрФУ, ikonnikov.ustu@mail.ru*

В процессе разработки конструкции аппаратов с псевдоожженным слоем тип конструкции газораспределителя выбирается, как правило, по известным аналогам. При выборе типа конструкции определяется форма решетки и газораспределительного элемента, толщина решетки и длина газового канала в ней L . Основной задачей проектировщика является определение сопротивления решетки, достаточного для обеспечения качественного псевдоожжения и надежной работы газораспределителя.

В рассматриваемой методике поверочного расчета выбранного типа конструкции колпачкового или соплового газораспределителя рассчитанные параметры обеспечивают равномерное псевдоожижение дисперсного материала по площади газораспределителя без провала частиц материала в подрешеточную камеру при рабочих скоростях псевдоожижения.

Расчет конструкции выполняется на основании следующих исходных данных:

- высота неожиженного (насыпного) слоя H_0 ,
- порозность насыпного слоя ε_0 ,
- диаметр и плотность частиц дисперсного материала d_s и ρ_s соответственно,
- рабочая скорость псевдоожижения W ,
- в первом приближении принимаем живое сечение решетки φ .

Последовательность расчета:

1. Теоретическое (среднее в пузырьковом режиме ожижения) гидравлическое сопротивление слоя $\Delta P_b = \rho_H (1 - \varepsilon_0) H_0$.

2. Сопротивление застойной зоны для используемого вида дисперсного материала определяется из выражения:

$$\Delta P_{dz}^0 = \frac{\Delta P_b d_o}{4 H_0 \varphi} \left(1 - \frac{7}{3} \sqrt{\varphi} \right).$$

3. Гидравлическое сопротивление решетки

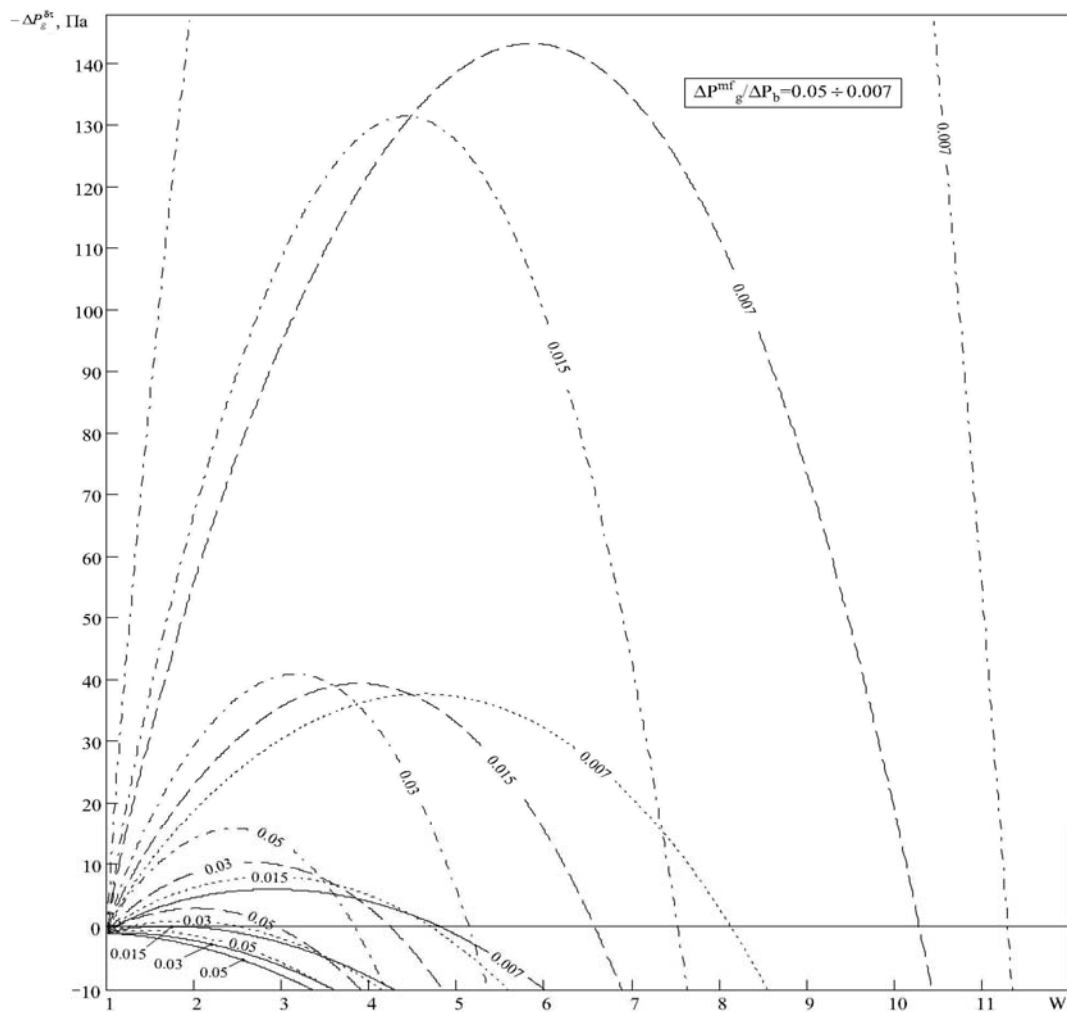
$$\Delta P_g^{mf} = \frac{\zeta_g \rho_g u_{mf}^2}{2 \varphi^2}.$$

4. Определение безразмерной скорости полного псевдоожижения

$$W_G = \sqrt{1 + \frac{\Delta P_{d.z.}^0}{\Delta P_g^{mf}}}.$$

5. Определение сопротивления решетки ΔP_g при рабочей скорости псевдоожижения $W > W_G$: $\Delta P_g = W^2 \Delta P_g^{mf}$.

6. Проверка конструкции газораспределителя на возможность провала частиц дисперсного материала в подрешеточную камеру.



Зависимость отрицательных перепадов давления на газораспределительной решетке от скорости псевдоожижения.

$P_l / \Delta P_b = 1,5$; цифры на кривых — значения $\Delta P_g^{mf} / \Delta P_b$;

P_l — давление перед входным вентилем подрешеточной камеры

_____	$\rho_s (1 - \varepsilon_0) w_{mf}^2 / \Delta P_b = 10^{-4}$
—	10^{-3}
.....	10^{-2}
- - - - -	10^{-1}

Составлена функция безразмерных комплексов, определяющая значение перепада давления на газораспределительной решетке P_0 и в подрешеточной камере P_{wb} при совпадении противоположных максимальных амплитуд колебаний:

$$F\left(\frac{\Delta P_b}{\Delta P_g^{mf}}, \frac{\rho_s u_{mf}^2}{\Delta P_b}, \frac{P_l}{\Delta P_b}, W\right) =$$

$$= 1,5 \frac{\Delta P_b}{\Delta P_g^{mf} W^2} \left(\frac{\rho_s^{mf} u_{mf}^2}{\Delta P_b} \right)^{0,42} (W-1)^{0,84} \left\{ 1 + \frac{1}{\left[\left(\frac{P_l}{\Delta P_b} - 1 \right) \frac{\Delta P_b}{\Delta P_g^{mf} W^2} - 1 \right]^{-1} + 1} \right\} - W^2.$$

Для беспровальной работы газораспределителя необходимо выполнение условия: $F\left(\frac{\Delta P_b}{\Delta P_g^{mf}}, \frac{\rho_s u_{mf}^2}{\Delta P_b}, \frac{P_l}{\Delta P_b}, W\right) \leq 0$. Таким образом, с помощью рис. 1 можно определить интервалы W , при которых частицы не будут проваливаться в подрешеточную камеру. Например, при $\rho_s(1-\varepsilon_0)w_{mf}^2 / \Delta P_b = 10^{-4}$ и $\Delta P_g^{mf} / \Delta P_b = 0,007$ частицы не будут проваливаться при $W \geq 4,9$, а при $W \leq 4,9$ наблюдается провал частиц в подрешеточную камеру.

7. Определение глубины проскока частиц в газораспределительный элемент l .

Глубина проникновения частиц внутрь газового канала длиной L_0 газораспределительного элемента рассчитывается по формуле: $l = \frac{36\mu P'}{\rho_s \rho_g d_s^2 \omega'^3 L_0} [\pi^2 - 4]$. Полученная расчетная величина не должна превышать длину канала: $l < L_0$.

Если при принятом значении ΔP_g^{mf} исключить провал не удастся ($l > L_0$), тогда неизбежно следует увеличение сопротивление решетки ΔP_g^{mf} (уменьшением φ) и повторная проверка возможности провала частиц.

8. Определение шага между газораспределительными элементами s_g и их количества N .

По нашим данным, должно выдерживаться соотношение:

$$L_j \cong (0,3-0,4) s_g, \text{ т.е. } s_g = \frac{L_j}{0,35}.$$

Длина факела горизонтальной струи L_j определяется по эмпирической формуле:

$$\frac{L_j}{d_0} = 5,2 \left(\frac{\rho_g d_0}{\rho_s d_s} \right)^{0,3} \left\{ 1,3 \left(\frac{u_{of}^2}{g d_0} \right)^{0,2} - 1 \right\}.$$

Выбрав величину шага s_g , далее колпачки размещаются на решетке, и определяется число колпачков N . Затем рассчитывается число отверстий в колпачке $n_c = 4\varphi F_b / \pi d_0^2 N$.

Данная методика позволяет определить параметры газораспределительной решетки без перерасхода энергии на сжатие газа.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЫТНОГО ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОРОВ

*Ильшева О.В., Казанцев Р.О., Коняев И.А.
УрФУ, e-mail: grozny.ioann@yandex.ru*

В современном мире интенсивно развиваются энерго- и ресурсосберегающие технологии, которые в ближайшем будущем станут основой успешного и технологически развитого производства.

В данной работе речь пойдет о внедрении указанных выше технологий на металлургическом производстве. Одним из направлений энергосбережения в данной отрасли является вторичное использование металлов. Однако вторичные металлы требуют предварительной обработки, в частности, необходимо их разделение по сортам. С данной задачей успешно справляются электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем.

Электродинамические сепараторы, рассматриваемые в работе, находят применение на различных стадиях обработки металлосодержащих смесей при сборе и производстве вторичных цветных металлов.

Основные технологические задачи, решаемые при помощи электродинамических сепараторов:

- Извлечение лома цветных металлов из твердых многокомпонентных смесей (отходы электро- и радиотехнической промышленности, электролампового производства, автомобильный лом, отработанные формовочные смеси, кабельный и электронный лом, твердые бытовые отходы и т. п.).
- Сортировка сложного цветного металлолома при подготовке его к металлургическому переделу: разделение лома по крупности, удельному весу, электропроводности (например, отделение кускового лома от стружки, сортировка сплавов и т. п.).
- Обогащение алюминиевых шлаков.

В промышленно развитых странах электродинамические сепараторы применяются достаточно широко. В нашей стране случаи использования сепараторов единичны, и зачастую они обладают не лучшими технико-экономическими показателями.

Поскольку электродинамические сепараторы являются оборудованием, работающим в непрерывном цикле, то стоит задача поиска путей снижения их энергопотребления и повышения эффективности переработки смесей.

Для решения поставленной задачи в исследовательской лаборатории на базе наиболее изученных и даже доведенных до серийного производства электродинамических сепараторов на основе линейных индукционных машин проводились исследования по улучшению технико-экономических показателей.

Лабораторная установка представляет собой двухсторонний линейный индуктор, установленный над наклонной плоскостью, по которой подается сепарируемая смесь (рис. 1). Под действием бегущего магнитного поля проводящие частицы выталкиваются из потока перпендикулярно направлению движе-

ния и попадают в соответствующие приемные емкости. Наклонная плоскость сконструирована так, что можно изменять угол ее наклона относительно горизонта (угол α на рис. 1). Крепление индукторов позволяет поворачивать их ось относительно направления движения частиц.

Основные задачи исследований были сформулированы следующим образом:

- Исследование влияния угла поворота индуктора на эффективность извлечения;
- Исследование влияния угла наклона плоскости подачи на результативность извлечения;

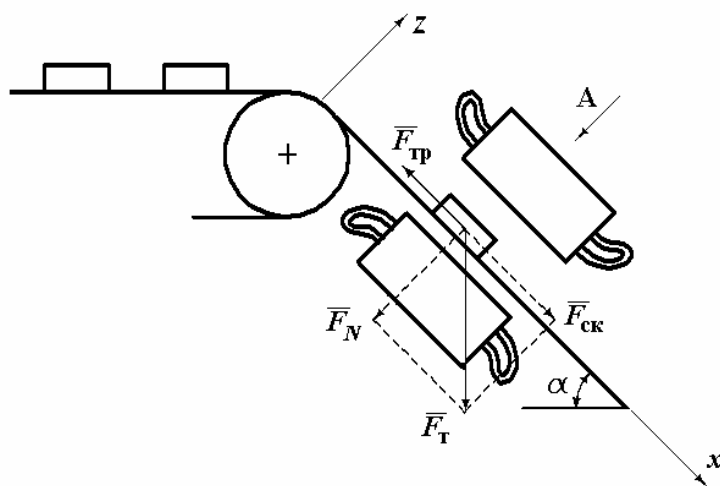


Рис. 1. Принципиальная схема установки

Исследования проводились на квадратных пластинах размером 40×40 мм из различных медных сплавов (толщина пластин – 3-4 мм), которые подавались в активную зону по линии подачи. После выхода испытуемых частиц контролировалось отклонение траектории их движения от линии подачи и измерялось итоговое отклонение на расстоянии 450 мм от выходного края индуктора.

Результаты экспериментальных исследований для нескольких медных сплавов представлены на рис. 2. Из полученных характеристик видно, что совокупность указанных выше мер позволяет повысить энергоэффективность установок электродинамической сепарации. Однако, стоит отметить, что снижение угла наклона плоскости подачи ниже $20-25^\circ$ может привести к ухудшению показателей, так как силы гравитации, тянущие частицу вниз, станут соизмеримыми с силой трения частицы о плоскость.

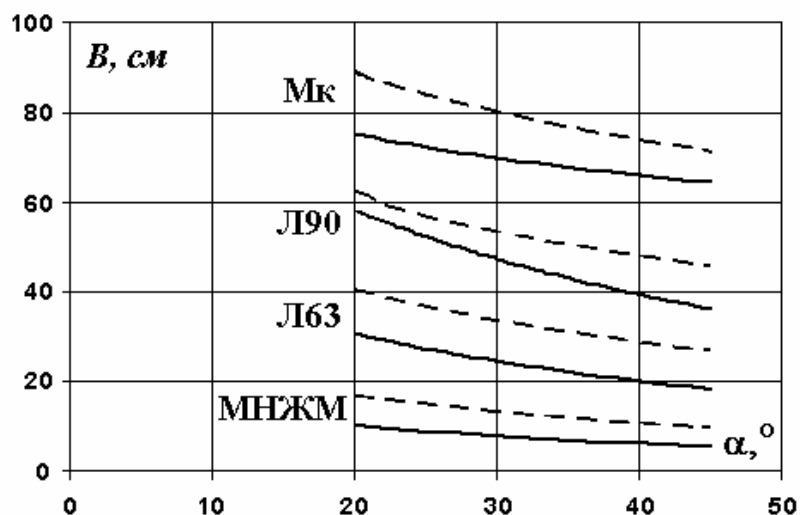


Рис. 2. Зависимости итогового отклонения частиц от угла наклона плоскости: сплошная линия – ось индуктора перпендикулярно движению частиц, пунктир – индуктор повернут на 30° относительно направления подачи

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Эксперименты подтвердили возможность сортировки различных медных сплавов по сортам. Как видно на рис. 2, разница в отклонениях разных сплавов от линии подачи составляет около 20 см. На большее расстояние отклоняются сплавы с большей электропроводностью.

2. Целесообразно уменьшение угла наклона плоскости подачи, так как при этом увеличивается время пребывания частиц в магнитном поле за счет снижения скорости их движения.

3. Изменение угла поворота индуктора относительно поперечной оси сепаратора также позволяет увеличить время пребывания частиц в активной зоне и, как следствие, увеличить отклонения разделяемых сплавов. Как видно на рис. 2, при повороте индуктора на 30° отклонения возрастают на 10-15 %. При сохранении тех же отклонений, что и при исходном положении индукторов (угол поворота 0°), можно на 10-15 % снизить мощность, потребляемую сепаратором.

ДРОБЛЕНИЕ УГЛЯ В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ДРОБИЛКЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Исаков Ю.В., Готовко В.И., Дубровский В.А., Потапов И.И., Широков В.Н.
ФГУП «ЦКБ «Геофизика», e-mail: market@geockb.ru
Сибирский федеральный университет, info@sfu-kras.ru

Применение водоугольного топлива (ВУТ) соответствует современным требованиям обеспечения надежности, эколого-экономической эффективности работы котельных агрегатов тепловых электрических станций. В качестве сырья для получения ВУТ возможно использовать угольные шламы, которые являются побочным продуктом угледобывающих и углеперерабатывающих пред-

приятый. Технология приготовления ВУТ предполагает механическое измельчение угольного сырья и отличается повышенными энергетическими затратами, механическим износом рабочих органов стандартного оборудования (шаровых мельниц, кавитаторов и др.).

В рамках договорных работ с Красноярской ГРЭС-2 были проведены исследования по применению эффектов электрогидравлических разрядов (ЭГР) в технологиях измельчения углей для приготовления ВУТ. Исследования проводились на макетном образце электрогидравлической дробилки (ЭГД) угольного сырья. Цель исследований – оценка эффективности применения электрогидравлических эффектов в технологических процессах измельчения угольного сырья при получении ВУТ. Оборудованием для проведения исследований являлся генератор силовых высоковольтных импульсов и активная зона, заполненная угольным сырьём. Создаваемые в воде высоковольтные импульсные ЭГР формируют гидравлические давления ударного действия, которые вызывают разрушения структуры угольного сырья. Возникающие импульсные гидроудары оказывают разрушающие воздействия на исходное угольное сырьё. Развитие взрывного процесса в воде создаёт огромное число кавитационных зон, которые дополнительно способствуют разрушению породы. Серия ЭГР создает условия для измельчения и перемешивания сырья и активации воды.

Для проверки эффективности дробления угольного сырья методом ЭГР были проведены серии опытов и выполнен анализ исходных данных, рассмотрены варианты по созданию и применению опытного образца ЭГД.

Структурная схема установки ЭГД угольного сырья приведена на рис. 1.

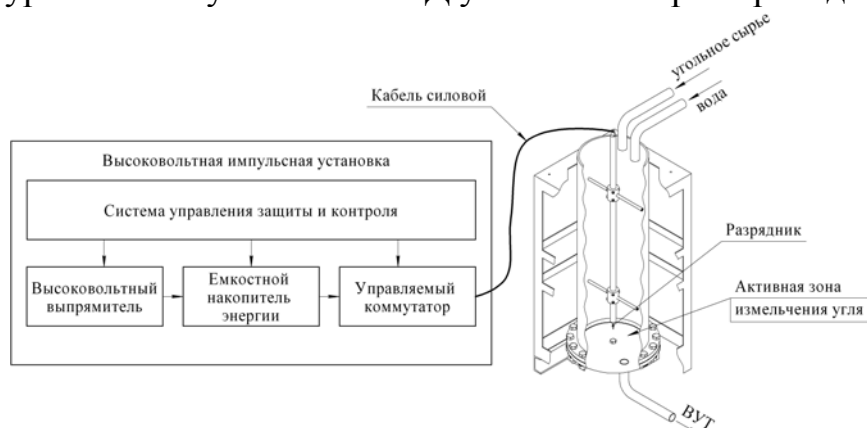


Рис. 1. Структурная схема установки ЭГД угольного сырья

Назначение установки ЭГД – дробление угольного сырья на фракции в жидкой среде методом ЭГР с коэффициентом измельчения не менее 30. Производительность не менее 100 кг/ч угольной суспензии при использовании одной ячейки дробления. Максимальная энергия в импульсе 1...2 кДж, при амплитуде напряжения 10...30 кВ, рабочей частоте генератора 1...0,5 Гц. Ресурс установки по формированию ЭГР, не менее 10^7 . Энергоснабжение от однофазной промышленной сети 220 В×50 Гц, не более – 4 кВт.

Анализ воздействия электровзрывов на угольное сырьё выполнялось для бурого бородинского угля Канско-Ачинского бассейна. Проведение работ тре-

бовало выполнения защитных мер: подключение автомата защитного отключения, защитное заземление, ограждение рабочей зоны.

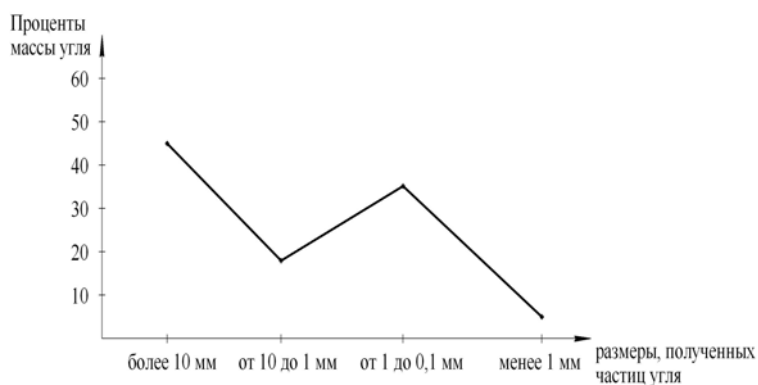
В процессе дробления зафиксирована скорость эрозии разрядника высоковольтной энергией – 1 мм за 20 мин. Работа ЭГД сопровождалась высоким уровнем акустического шума, сильными вибрациями в активной зоне, при напряжении менее 12 кВ наблюдались тепловые разряды без возникновения гидроударов каждого 2 разряда удара. Повышение напряжения до 18 кВ устранило данные эффекты.

Результаты испытаний разрядной ячейки ЭГД подтвердили высокие ударные нагрузки на детали рабочего разрядника. Под разрушающие воздействия попадают материалы, обеспечивающие заданную электрическую прочность разрядника. Для оценки стойкости разрядника были проведены серии нагружений различных конструкций, выполненных с применением различных ударопрочных материалов.

Полученная водоугольная суспензия после просушки поступала на калиброванные сита для отсева. При проведении отсева около 50 % частиц полученной суспензии остаётся на сите с диаметром 2,5 мм. Жидкость, пропущенная через сита с размером ячейки 63 мкм, имела мутный темно-коричневый цвет и составляла около 4 % от полученной суспензии. На рис. 2 показаны результаты дробления угольного сырья ЭГД при энергетических затратах 10 Вт·ч/кг.



а)



б)

Рис. 2. Рассев жидкости (а), рассев просушенных образцов угля (б) на выходе ЭГД

Анализ полученных результатов и условий проведения работ способствовал разработке технических предложений по повышению эффективности дробления. Увеличение ресурса установки связано с повышением ударной прочности к воздействию импульсных механических нагрузок. Результаты исследований позволили учесть указанные особенности при разработке технического задания на разработку опытного образца ЭГД с непрерывной сепарацией мелких фракций.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ЦЕПЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Казакбаев В.М.

УрФУ, e-mail: kem_em@mail.ustu.ru

Надежность электрооборудования в значительной мере определяется надежностью ее изоляции. Асинхронные электродвигатели, работающие в электроприводах с преобразователями частоты на современной IGBT-базе, испытывают повышенные электрические нагрузки (по напряжению и току), снижающие их рабочую мощность и срок службы. Проблема добавочных потерь частично решается использованием сглаживающих дросселей и повышением несущей частоты напряжения в преобразователе [4]. Увеличение этой частоты, однако, ведет к увеличению перенапряжений на отдельных элементах изоляции машины [5]. Для расчета этих перенапряжений необходимо решение цепей с распределенными параметрами (ЦРП) [2]. В данной статье рассматривается применение метода конечных разностей (МКР) к расчету наиболее простой ЦРП, распределенные элементы которой математически заданы телеграфными уравнениями (ТУ). Представленным методом могут быть решены не только телеграфные уравнения, но и любые другие цепи с распределенными параметрами (ЦРП).

ТУ являются математической моделью, описывающей распространение волн потенциала и тока вдоль относительно низкочастотных систем передачи электрической энергии, таких как воздушные линии, а также многопроводные и коаксиальные кабели:

$$\begin{cases} -\frac{\partial u}{\partial x} = L_0 \cdot \frac{\partial i}{\partial t} + R_0 \cdot i(x, t) \\ -\frac{\partial i}{\partial x} = G_0 \cdot u(x, t) + C_0 \cdot \frac{\partial u}{\partial t}, \end{cases} \quad (1)$$

Традиционно цепи, имеющие участки с распределенными параметрами, решаются методом распространяющихся волн (Даламбера), который позволяет получать решения для линии без потерь ($R_0 = 0$, $G_0 = 0$). Также это решение можно распространить на неискажающую (недисперсирующую) линию ($R_0/L_0 = G_0/C_0$) [1].

Однако, не всякую воздушную или кабельную линию допустимо считать неискажающей во всем рабочем диапазоне частот. Дисперсия волн может оказывать значительное влияние и на значение максимальных напряжений на зажимах двигателя в системах АД-ПЧ.

Имеется также достаточно большое количество аналитических методов решения начально-граничных задач с уравнениями ЦРП, позволяющих получать точные решения для линий с потерями (например, метод разделения переменных или операторный метод [2]). Однако все обладают достаточно большой трудоемкостью и позволяют получить результат лишь в виде бесконечных счетных множеств: рядов Фурье, что не всегда удобно. К тому же метод Фурье не позволяет рассматривать системы, включающие два и более элемента с распределенными параметрами, а при использовании операторного метода не всегда удастся провести все расчетные процедуры аналитически. Часто обратное интегральное преобразование приходится выполнять численно.

Общепризнанным подходом к практическому решению ЦРП является замена линий с распределенными параметрами на цепные схемы (ЦС) с сосредоточенными параметрами [2]. Такая ЦС позволяет рассчитывать токи и напряжения интересующих систем в узлах сопряжения своих звеньев с достаточно хорошей точностью. Недостатком подхода является относительно невысокая точность определения тока и напряжения вдоль моделируемой линии в конкретные моменты времени, а также необходимость расчета достаточно громоздких электрических цепей, что, в конечном счете, требует использования операторного метода или специальных программ, способных моделировать процессы в схемах со сложной топологией. Также при использовании ЦС возникают определенные трудности с заданием на границах линий, не отражающих граничных условий [3].

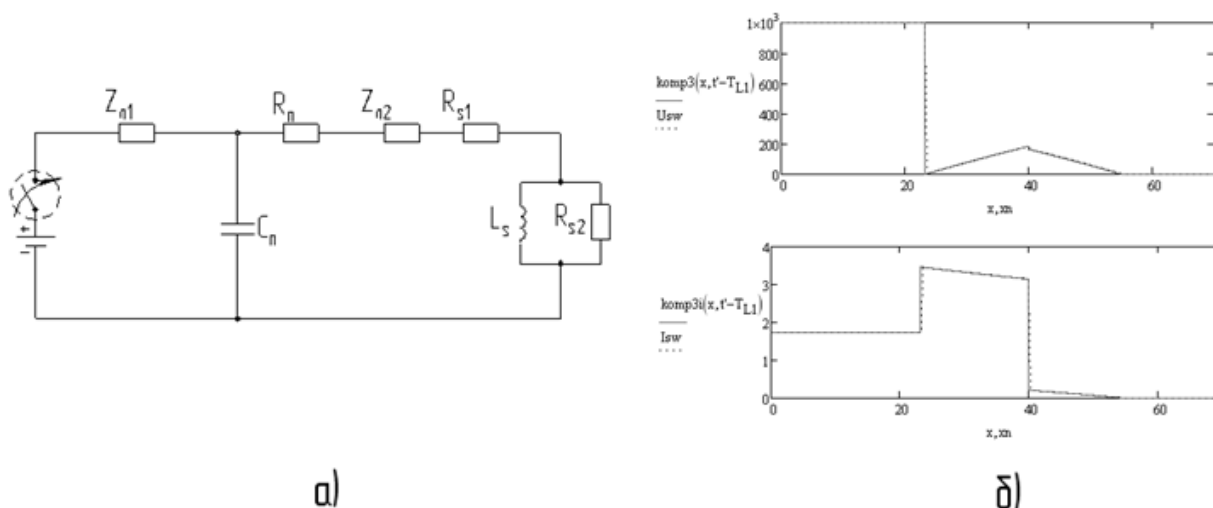
Альтернативой может быть применение численных методов непосредственно к исходной начально-краевой задаче. Задачи с уравнениями в частных производных (полевые, волновые) в настоящее время решаются либо с помощью метода конечных элементов (МКЭ), либо с помощью метода конечных разностей (МКР). МКЭ достаточно сложен в реализации и в использовании, в то время как решения ЦРП вполне можно получать, используя МКР.

Не всякая разностная схема, аппроксимирующая ТУ, будет устойчива. Так, при аппроксимации системы в виде канонических волновых уравнений неизменно получается неустойчивая схема. Наиболее известной и применяемой является схема, называемая в англоязычной литературе «finite difference time domain» (FDTD) – «конечные разности во временной области» (КРВО) [3]. Уравнения (1), после применения к ним разностной схемы FDTD и замены полудельных индексов массивов сеточных функций решения на целые, принимают вид:

$$\begin{cases} I_i^{n+1} = \frac{\frac{-\Delta t}{L_0 \Delta z} (U_{j+1}^m - U_j^m) + \frac{-I_i^n R_0 \Delta t}{2 L_0} + I_i^n}{1 + \frac{R_0 \Delta t}{2 L_0}} \\ U_j^{m+1} = \frac{\frac{-\Delta t}{C_0 \Delta z} (I_i^{n+1} - I_{i-1}^{n+1}) + \frac{-U_j^m G_0 \Delta t}{2 L_0} + U_j^m}{1 + \frac{G_0 \Delta t}{2 C_0}} \end{cases} \quad (2)$$

где Δx – шаг сетки по пространственной переменной, Δt – шаг сетки по временной переменной, i и n – индексы двумерного массива функции I , j и m – соответствующие индексы двумерного массива функции U ; $\Delta z = l/k$, $\Delta t = t_{\max}/h$; $i = 1 \dots k$, $n = 1 \dots h$, $j = 1 \dots (k+1)$, $m = 1 \dots h$. Здесь l – длина линии, t_{\max} – время расчета, k – количество узлов сетки по оси x для I , $(k+1)$ – количество узлов сетки по оси x для U , h – количество узлов сетки по оси t для I и U .

Сравним также результаты решения методом конечных разностей и аналитическим волновым методом цепи, показанной на рисунке (а). Пусть источник обладает напряжением $U_n = 1000$ В. Параметры сосредоточенных элементов: $R_n = 100$ Ом, $C_n = 10^{-6}$ Ф, $R_{s1} = 2$ Ом, $R_{s2} = 1$ Ом, $L_s = 10^{-5}$ Гн. Параметры линии $Z_{л1}$: $L_{01} = 0,002$ Гн/м, $C_{01} = 6 \cdot 10^{-9}$ Ф/м, $lh_1 = 40$ м (длина). Параметры линии $Z_{л2}$: $L_{02} = 0,003$ Гн/м, $C_{02} = 5 \cdot 10^{-9}$ Ф/м, $lh_2 = 30$ м.



Рассчитываемая ЦРП (а) и результаты расчета (б)

На рисунке (б) показано распределение напряжения (вверху) и тока (внизу) по длине линий в момент времени $t = T_{L1} + 0.5 \cdot T_{L2}$, когда электромагнитная волна, движущаяся от источника к нагрузке, прошла через коммутационный узел и частично отразилась от него, где T_{L1} - время пробега волны по первой линии; T_{L2} - время пробега волны по второй линии.

По результатам ряда расчетов с использованием МКР можно сделать следующий вывод, что данный метод является подходящим средством для анализа переходных процессов в цепях с распределенными параметрами с произвольными начальными условиями, охватывая широкий диапазон граничных условий.

Библиографический список

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М.: ГАРДАРИКИ, 2008.
2. Каганов З. Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы. М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Hung Loui. 1D-FDTD using MATLAB // ECEN-6006. Numerical methods in photonics project-1. September 2004.
4. Вершинин А. В. Разработка специальных конструктивных исполнений частотно-регулируемых асинхронных электродвигателей / А. В. Вершинин, М. С. Драгомиров, А. М. Зайцев, О. В. Кругликов // Электротехника. 2008. № 11. С. 46-49.
5. Воронцов А. Г. Высокочастотные электромагнитные процессы в электрических машинах при широтно-импульсной модуляции напряжения / А. Г. Воронцов, Доан Ань Туан, Ю. П. Коськин, М. В. Пронин // Электротехника. 2008. № 3. С. 36-44.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ НА БАЗЕ ПАРОВЫХ ТУРБИН МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Камагорцева У.В.

ЗАО «Концерн «KLG», Санкт-Петербург, ustina@klgcorp.ru

В настоящее время в России и в мире получают всё большее распространение новые технологии энергосбережения. Малая энергетика позволяет потребителю не зависеть от централизованного энергоснабжения, использовать оп-

тимальные для местных условий источники производства энергии. Закономерно, что такие технологии находят себе место и в промышленно развитых и в развивающихся районах с различным климатом.

Применение энергоагрегатов на базе паровых турбин малой мощности позволит с наименьшими временными и финансовыми затратами переоборудовать действующие, вновь вводимые и реконструируемые котельные и участки ТЭЦ (дресселирование пара на редукционных установках) на совместную выработку тепловой и электрической энергии за счет использования вырабатываемого пара без дополнительных топливных затрат и выбросов.

Рабочим органом редукционной паровой турбины является единственный лопаточный венец. Мощность и вид энергоагрегатов рассчитывается точно под имеющиеся входные и требуемые выходные параметры пара (200-3000 кВт). Модульное исполнение агрегатов, их компактные размеры и масса позволяют включиться в существующую тепловую схему, вести монтаж в помещениях действующих котельных без капитального строительства.

Малая паровая турбина имеет САУ на базе современных контроллеров. Основные параметры работы контролируются с помощью электронных датчиков.

Наиболее эффективными областями применения Энергетических агрегатов на базе редукционной паровой турбины являются:

1. Организация когенерации (совместной выработки тепла и электрической энергии) на действующих отопительных и промышленных котельных.
2. Использование в качестве механического привода (насосы, мельницы).
3. Рекуперация тепла химических, стекольных, металлургических и подобных производств.

Как результат, снижение себестоимости произведенной тепловой энергии на 15-30 % и, как следствие, тарифов на электроэнергию.

Инновационные решения в области энергосбережения (паровая турбина малой мощности), осваиваемые нашей компанией, напрямую направлены на выполнение Закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении...». Применение паровых турбин позволит более эффективно использовать энергоресурсы, экономить или вырабатывать самостоятельно электрическую энергию, повышать надежность работы предприятия и его энергообеспечение.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ГОРЕЛКИ ФИРМЫ «DE DIETRICH»

Карпова О.А., Горбунов В.А.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

E-mail: tevp@tvp.ispu.ru

В современных условиях развития энергетики теплотехнологий и теплоиспользующих установок актуальной задачей является повышение энергосбережения и повышение эффективности эксплуатации применяемого в отрасли энергоиспользующего оборудования. Поэтому особую важность приобретают снижение затрат энергии при организации процессов горения на основе оптимизации соотношения расходов «газ – воздух» перед горелкой.

Для того чтобы газовая горелка работала экономично и эффективно, необходимо, чтобы её коэффициент избытка воздуха был близок к единице.

Целью работы являлось исследование работы горелки для выявления возможности её работы в наиболее экономичном режиме.

Исследование заключалось в возможности получения регулировочной характеристики газовой горелки, близкой к оптимальной. Для этого производились физические замеры давления воздуха, давления газа, газовый анализ продуктов сгорания (газоанализатором Testo Longlife 330 – 2LL) при минимуме содержания CO (меньше 100-150 ppm), кислорода O₂, коэффициенте расхода воздуха, близкому к единице, и максимуму содержания углекислого газа CO₂.

Испытания проводились на оборудовании фирмы «De Dietrich» (Франция) [1]: газовой горелке серии «G» марки G 100 S, установленной на котельной установке серии «GT-120» марки GT-125 (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид котельной установки GT-125 и горелки G 100 S

Результатом проведенного исследования является сводная таблица замеренных параметров (таблица), с помощью которой был построен график (рис. 2).

Сводная таблица замеряемых параметров

№ опы- та	Давление газа, Р _Г , мбар	Давление воздуха, Р _В , мбар	Содержание			Коэффи- циент расхода воздуха
			CO ₂ , %	O ₂ , %	CO, ппм	
при минимальном расходе газа Gmin = 2,330 м³.						
1	9,50	7,40	9,38	4,3	126	1,26
2	9,33	7,02	10,17	2,9	42	1,16
3	9,28	6,82	10,56	2,2	36	1,12
4	9,26	6,58	10,96	1,5	162	1,08
5	9,25	6,57	11,01	1,4	94	1,07
6	9,23	6,54	11,13	1,2	427	1,06
7	9,16	6,46	11,41	0,7	952	1,03
при максимальном расходе газа Gmax = 3,730 м³.						
8	10,50	4,80	9,38	4,3	44	1,26
9	10,50	4,79	9,44	4,2	10	1,25
10	10,50	4,58	9,61	3,9	13	1,23
11	10,48	4,26	10,79	1,8	15	1,09
12	10,46	4,23	10,56	2,2	9	1,12
13	10,44	4,16	11,29	0,9	96	1,04
14	10,40	4,10	11,52	0,5	400	1,02

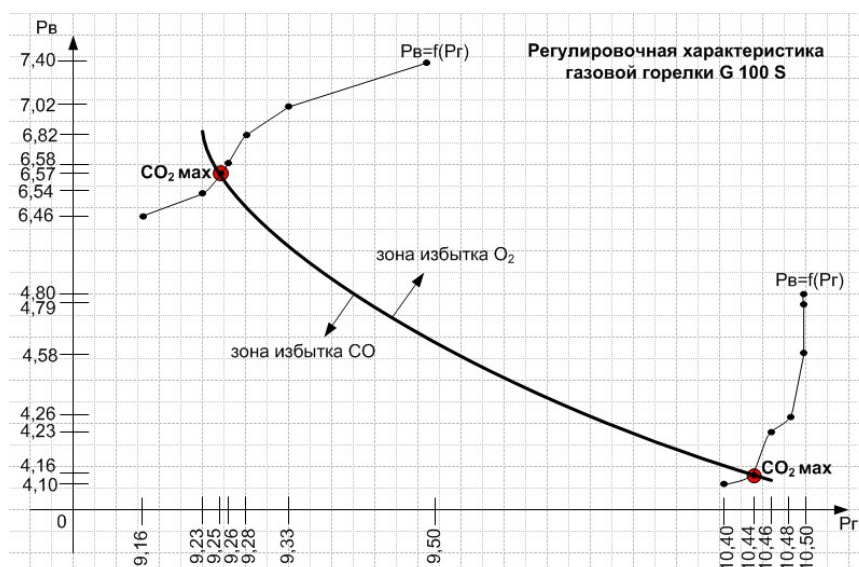


Рис. 2. Регулировочная характеристика горелки G 100 S

Вывод. В результате проведенного исследования были получены две точки оптимального соотношения по расходу газа и воздуха, и как следствие получено оптимальное соотношение давлений газового и воздушного потока перед горелкой.

Библиографический список

1. De Dietrich Thermique [Электронный ресурс]: URL: www.dedietrich-otoplenie.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В РАСПЛАВЛЕННОЙ ЧАСТИ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

Касимов Р. З., Попов Д. Н., Диденко В. Н.

Ижевский государственный технический университет

tgug@istu.ru

Предполагается, что ряд технологических аппаратов различных производств, включая тепло- и массообменные устройства, могут содержать в составе вертикальных емкостей, трубопроводов, воздухопроводов и т. п. цилиндрические стержни, заполненные теплоаккумулирующим материалом (ТАМ). В качестве примеров можно назвать хранилища и емкости нефтеперерабатывающих и химических предприятий, устройства для утилизации солнечной энергии, биореакторы для производства биогаза и т. д., то есть там, где требуется стабильность температуры рабочего тела (жидкости или газа) при переменных внешних условиях. Рабочее тело в таких объектах подвергается различным тепловым воздействиям, под влиянием которых формируется поле температуры в структуре ТАМ. В результате происходящих фазовых переходов забирается или выделяется теплота, необходимая для поддержания требуемых технологических условий в установках. Поэтому при создании и оптимизации технических объектов, включающих ТАМ, необходимо уметь прогнозировать тепловой режим в его расплавленной области.

Одним из наиболее важных физических процессов, определяющих тепловой режим функционирования ТАМ, заключенных в цилиндрические трубки,

является тепловая гравитационная конвекция, происходящая в жидкой его фазе. В целом, конвекция оказывает достаточно сложное влияние на пространственно-временную структуру температурного поля. Вместе с тем, можно выделить два наиболее существенных эффекта. Во-первых, в условиях тепловой конвекции значительно повышается интенсивность теплопередачи от рабочего тела через стенки трубок к жидкой фазе ТАМ. Причем из-за ограниченности объема коэффициент теплопередачи может заметно отличаться от аналогичного показателя для хорошо изученного случая конвекции около полубесконечной вертикальной плоской пластины. Во-вторых, конвекция приводит к появлению вертикального температурного расслоения, обусловленного тем, что прогретая около стенок и, следовательно, более легкая жидкость всплывает под действием сил плавучести и скапливается в верхней части трубок. В результате температура верхних слоев жидкости оказывается выше температуры нижних слоев. Такое температурное расслоение приводит к различной интенсивности фазовых переходов, то есть имеется обратное влияние конвекции на процессы плавления или затвердевания.

В ситуациях при функционировании ТАМ могут рассматриваться два подхода к численному моделированию. Первый связан с расчетом конвекции при задании скорости межфазной границы. Тогда осуществляется одновременное определение положения границы, построение сеточной области в расплавленной части ТАМ и непосредственное моделирование конвективного теплообмена в каждый момент времени. Однако такой подход весьма сложен в численной реализации и требует больших вычислительных затрат. Другой способ основан на фиксации отдельных дискретных положений межфазной границы и расчете параметров конвективного процесса.

Допущения: жидкость несжимаемая; рассматривается двумерное осесимметричное течение, то есть расчеты можно проводить для любой из радиальных полуплоскостей; в области двухфазного состояния (жидкость+твердые частицы и шероховатая твердая поверхность нерасплавленной части ТАМ) можно пренебречь конвективным теплообменом, вследствие незначительных размеров самой области и тем более расстояний между выступами и отделившимися частицами, носящими фрактальный характер; из-за небольших рассматриваемых перепадов температур течение предполагается с незначительными скоростями, а его режим изначально представляется ламинарным; также из-за рассматриваемых незначительных перепадов температур, можно принимать теплофизические характеристики расплава постоянными.

Рассматривая данные предположения, можно представить математическую модель конвекции расплава в преобразованных переменных, содержащую уравнения:

– Бюргерса для энергии

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{\partial(uT)}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial(vT)}{\partial r} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right); \quad (1)$$

– Бюргерса для переноса завихренности

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + \frac{\partial(u\omega)}{\partial z} + \frac{\partial(v\omega)}{\partial r} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} - \frac{\omega}{r^2} \right) - \beta g \frac{\partial T}{\partial r}; \quad (2)$$

– Пуассона для функции тока

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} = -\omega \cdot r; \quad (3)$$

– для вычисления проекций скоростей

$$u = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \text{ и } v = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial z}. \quad (4)$$

Необходимо сгущение линий разностной сетки в областях больших градиентов рассчитываемых величин, которые естественно ожидаются вблизи твердых поверхностей. Поскольку использование переменных шагов по координатным осям несколько усложняет расчетные зависимости, более приемлемым следует считать подход с введением метрических коэффициентов

$$\xi_z = \frac{\partial \xi}{\partial z}, \quad \eta_r = \frac{\partial \eta}{\partial r}, \quad \xi_{zz} = \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2}, \quad \eta_{rr} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial r^2},$$

которые находятся центральными разностями.

Отсюда уравнения (1)-(4) примут следующий вид

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \xi_z \frac{\partial(uT)}{\partial \xi} + \frac{\eta_r}{r} \frac{\partial(rvT)}{\partial \eta} = a \left[\xi_z^2 \frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \xi_{zz} \frac{\partial T}{\partial \xi} + \eta_r^2 \frac{\partial^2 T}{\partial \eta^2} + \left(\eta_{rr} + \frac{\eta}{r} \right) \frac{\partial T}{\partial \eta} \right]; \quad (5)$$

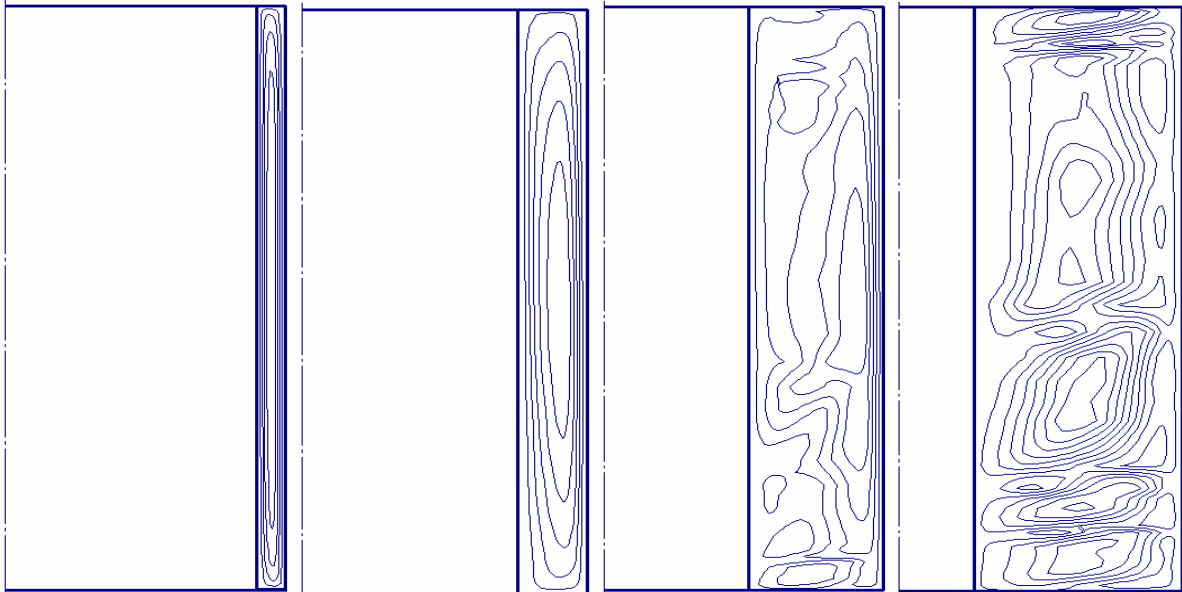
$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + \xi_z \frac{\partial(u\omega)}{\partial \xi} + \frac{\partial(v\omega)}{\partial \eta} = \nu \left[\xi_z^2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial \xi^2} + \xi_{zz} \frac{\partial \omega}{\partial \xi} + \eta_r^2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial \eta^2} + \left(\eta_{rr} + \frac{\eta}{r} \right) \frac{\partial \omega}{\partial \eta} - \frac{\omega}{r^2} \right] - \beta g \eta_r \frac{\partial T}{\partial \eta}; \quad (6)$$

$$\xi_z^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} + \xi_{zz} \frac{\partial \psi}{\partial \xi} + \eta_r^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial \eta^2} + \left(\eta_{rr} - \frac{\eta}{r} \right) \frac{\partial \psi}{\partial \eta} = -\omega \cdot r; \quad (7)$$

$$u = \frac{\eta_r}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \eta}; \quad v = -\frac{\xi_z}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \xi}. \quad (8)$$

Для уравнений системы при конечно-разностной аппроксимации рационально использовать неявную схему.

Результаты расчетов представлены на рисунке.



Линии тока при 10, 25, 50 и 75 %-м расплавлении материала (слева направо)

Из рисунка видно, что причиной возникновения конвективных колебаний является неравномерность прогрева жидкости по горизонтали, возникающая при опускании прогретой жидкости вдоль внутренней поверхности. Возвратные течения переносят к этой поверхности холодную жидкость из пространства между стенками, а на ее место поступает прогретая жидкость со стороны крышки. В итоге горизонтальные неоднородности температурного поля в центральной части сосуда уменьшаются, и колебания со временем затухают. После окончания режима конвективных колебаний в центральной части расплавленной области имеется сформировавшееся ядро, в котором температура практически постоянна по горизонтали.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

*Кастуганов О.Б., Мансуров Р. Ш.
Оренбургский государственный университет
E-mail: rmansurov@inbox.ru*

В настоящее время уже невозможно представить себе систему обеспечения микроклимата (СОМ) без системы автоматизированного управления (САУ). САУ СОМ обеспечивает эффективное управление параметрами воздуха в помещении в зависимости от технологических или санитарно-гигиенических требований. САУ позволяет оптимизировать работу климатического оборудования, снижая расходы на эксплуатацию. САУ также свободно интегрируется в систему централизованного контроля и управления инженерными, технологическими, информационными и коммуникационными системами. Кроме того, САУ повышает надежность СОМ и обеспечивает защиту отдельных её элементов и узлов от преждевременного износа и выхода из строя под воздействием различных факторов.

Естественно, что затраты на строительство здания с высоким уровнем автоматизации – так называемого «интеллектуального здания», значительно выше, чем при строительстве зданий с традиционным набором инженерного оборудования. В странах с энергоэффективной экономикой вкладывается значительно больше средств, чем в России, при строительстве, например, в значительное увеличение термического сопротивления наружных ограждений, в системы эффективного управления потребляемыми энергоресурсами. Это позволяет им, странам с энергоэффективной экономикой: во-первых, существенно снизить в период эксплуатации затраты на содержание здания, во-вторых, повысить качество жизни своих граждан.

В наших, российских, рыночных условиях, «интеллектуализация» здания, ведёт, по разным причинам, к росту цены за квадратный метр. Следовательно, «интеллектуальное здание», как высокотехнологичный объект с высоким уровнем автоматизации, будет товаром только в том случае, если:

- инвестор вправе ожидать быстрого возврата вложенных денег с прибылью,
- эксплуатирующая организация вправе рассчитывать на высокую надёжность объекта и значительное снижение эксплуатационных затрат,
- собственник будет удовлетворен качеством жизни, уровнем безопасности, различными дополнительными сервисами и реально низкими коммунальными платежами.

Только такое сочетание требований делает «дорогостоящее интеллектуальное здание» привлекательным рыночным товаром, т.е. ликвидным.

Решение вопроса о ликвидности «интеллектуального здания» становится очевидным тогда, когда приведенные затраты оцениваются за многолетний, 10 и более лет, период эксплуатации. Так, например, для среднего офисного здания приведенные затраты за многолетний, более 15 лет, период эксплуатации при сегодняшних ценах состоят из себестоимости строительства – 10...15 % и стоимости эксплуатации (энергоресурсы, ремонт, обслуживание и т.д.) – 85...90 %.

Снижение общих эксплуатационных затрат на поддержание высокого качества жизни возможно лишь при эффективном использовании всего потенциала систем жизнеобеспечения здания – инженерных (в том числе СОМ), информационных, коммуникационных систем и систем безопасности, интегрированных в единую систему автоматизированного управления зданием – систему диспетчеризации.

Остановимся подробнее на системах обеспечения микроклимата (СОМ). Известно, что доля затрат на энергоносители в общих эксплуатационных затратах составляет, в среднем, 40...60 %. Они, в основном, расходуются СОМ для поддержания нормируемых параметров микроклимата в обслуживаемых помещениях, вне зависимости от параметров наружного климата. В холодный период года энергоносители расходуются на обогрев, в теплый период на охлаждение эксплуатируемых помещений.

Попытка поиска технических решений по снижению энергопотребления в системах обеспечения микроклимата ведет инженерную мысль к эффективному применению энергосберегающего оборудования, энергосберегающих технологий обработки воздуха, различных организационных энергосберегающих мероприятий.

Применительно к системам обеспечения микроклимата, часто используемым энергосберегающим оборудованием являются рекуператоры (пластинчатые или с промежуточным теплоносителем), регенераторы теплоты (роторные или камерные) и теплонасосные установки (ТНУ).

Из энергосберегающих технологий обработки воздуха широкое распространение получили – байпасирование, 1 и 2 рециркуляция и частотное регулирование производительности вентилятора. Байпасирование используется, например, для обвода камеры орошения. Рециркуляция – при смешении наружного воздуха с удаляемым воздухом из помещения. Частотное регулирование применяется при регулировании воздухообмена в помещении в зависимости от

содержания различных вредностей в воздухе рабочей зоны – теплоты, влаги, CO₂, пыли и других вредных веществ.

Из организационных энергосберегающих мероприятий можно выделить организуемые и автоматически управляемые процессы по снижению температуры в зависимости от времени суток и дня недели, прерывистое отопление (охлаждение) и вентиляция помещений. Например, снижение температуры в ночное и нерабочее время суток, выходные и праздничные дни, использование так называемых «дежурных» систем отопления и вентиляции в нерабочее время, учет ассимилирующей способности воздушного объёма помещения, учет теплоаккумулирующих свойств ограждающих конструкций помещения и т. п.

Каждое из выше перечисленных технических решений даёт возможность рационально использовать и экономить энергоресурсы. Естественно возникает желание объединить всё в одном устройстве – и оборудование, и технологии, и организационные мероприятия. Но такое насыщение техническими решениями СОМ по снижению энергопотребления до уровня, при котором сохраняются оптимальные параметры микроклимата в помещении, требует применения соответствующей системы автоматизированного управления.

Если вышеперечисленные энергосберегающие технологии, организационные мероприятия и оборудование широко известны среди специалистов, то алгоритмы САУ – исключительно закрытая тема для обсуждения, или как сейчас модно говорить: «коммерческая тайна фирмы производителя». Но такое положение, складывающееся вокруг «фирменных» алгоритмов САУ, приведет в будущем к тупиковой ситуации. Уже сейчас разработчики наталкиваются на проблемы, связанные с увязкой логики отдельных элементов, являющихся составной частью систем обеспечения микроклимата. Например, «жестко» программируемые контроллеры «прошиты» на заводе-изготовителе и при проектировании САУ не позволяют выйти за пределы заводских настроек, что не всегда соответствует оптимальному режиму работы СОМ в целом. Даже в «свободно» программируемые контроллеры загружена программа, написанная фирмой-поставщиком оборудования, для выполнения конкретной задачи и не всегда соответствует заявленным целям, и тем более уровень её зависит от субъективных причин – квалификации программиста, его знаний о термодинамических процессах обработки воздуха и знаний в теории автоматизированного управления. Поэтому исследования теоретические, экспериментальные и практические (на реальных объектах), а также обсуждение и сравнение результатов в открытой печати различных алгоритмов управления создадут возможность для развития реального «интеллектуального здания». В этом случае процесс развития САУ в интеллектуальную систему управления (ИСУ) будет носить не субъективный – «фирменный», а научно обоснованный, т.е. универсальный и объективный характер.

И так, на современном этапе развития СОМ применение одновременно всех вышеперечисленных технологий, а также организационных мероприятий и оборудования на практике не встречается, что связано с трудностями реализации автоматизированного алгоритма взаимодействия между ними. Трудности эти, в первую очередь, связаны достаточной сложностью разработки автомати-

зированной алгоритма управления СОМ. Сложность же разработки связана с недостаточной изученностью процессов взаимодействия и процессов управления взаимодействием различных технологий, организационных мероприятий и оборудования на единой платформе с целью оптимизации энергопотребления. Но вся трудоёмкость алгоритма, значительные затраты на его исследования и разработку «окупятся» широчайшими возможностями, появляющимися при управлении энергопотреблением СОМ.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАСКАДНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

*Колбин М.А., Мусин Р.Г., Дергачев Д.С., Вахитова Р.И.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Практика показывает, что на протяжении 80 % времени отопительного сезона производительность котла используется лишь на 50 %. Это означает, что в течение всего года, в среднем, расходуется лишь 30 % мощности котла. Такая слабая нагрузка на газовый котел часто ведет к низкой эффективности его использования. Поэтому для рационального использования энергии зачастую требуется комплексный подход. Отличным решением может стать каскадная система котлов. Она обеспечивает потребителя таким количеством тепла, которое требуется в данный момент, постепенно подключая одним за другим несколько котлов малой мощности.

Каскадная котельная – это набор котлов небольшой единичной мощности, работающих в единой системе, оборудованных датчиками, находящимися внутри и снаружи помещения, и изменяющих параметры своей работы в зависимости от внешних и внутренних условий.

Каскадные котельные выгодно отличаются от типовых газовых котельных по многим причинам.

Прежде всего, каскад рассчитан как на одного, так и на многих потребителей. Он может состоять из двух и более котлов и устанавливаться как в жилом коттедже, так и на складе или в торговом комплексе.

В многоквартирном доме эти котельные могут монтироваться как в выделенном помещении, так и на чердаке или подвале. Легкие котлы (вес котла – около 50 кг) не будут создавать серьезной нагрузки на перекрытия. Да и сам монтаж оборудования достаточно прост.

Система максимально автоматизирована и не требует постоянного дежурства оператора. Оборудование занимает совсем немного места. После подключения датчиков системы безопасности котельная работает в автоматическом режиме: нагревает воду и поддерживает необходимую температуру воздуха в помещении.

Коэффициент полезного действия (кпд) котлов в каскадной системе очень высок и составляет 92 %. Еще одно достоинство – управлять котельной можно в зависимости от температуры в помещении или с учетом температуры

наружного воздуха, или комбинируя эти характеристики. Если, например, температура за окном падает до минусовой – в работу каскадом включаются несколько котлов, а при повышении – также плавно отключаются, оставляя работающими только один или два котла. При этом ранее заданная температура внутреннего помещения остаётся неизменной. А сам котёл «стартуется» для работы со значительно меньших мощностей, чем обычные котлы, что значительно экономит потребление газа.

И, пожалуй, самое важное. Автономная каскадная котельная быстроокупаема. А в связи с удорожанием природного газа, все выше перечисленные достоинства приведут к значительно большей эффективности при использовании этого типа котельных.

Использование нескольких котлов на одну систему отопления имеет ряд преимуществ по сравнению с одним котлом, имеющим такую же суммарную мощность. Перечислим некоторые из таких преимуществ.

Во-первых, несколько небольших котлов меньших размеров и меньшего веса намного легче и дешевле доставить в котельную и установить там вместо одного большого и тяжелого котла. Особенно актуальным становится данный момент при монтаже крышных или полуподвальных котельных.

Во-вторых, значительно повышается надежность системы. При вынужденной остановке одного из котлов система продолжит работу, обеспечивая, по крайней мере, 50 % мощности (при установке двух котлов).

В-третьих, обслуживание облегчается благодаря небольшому размеру каждого котла. Обслуживание каждого котла можно осуществлять без остановки всей системы.

В-четвертых, увеличивается общий ресурс котлов. В осенне-весеннее время можно эксплуатировать только часть котлов, выключив часть котлов вручную или используя каскадную автоматику.

В-пятых, если в будущем будет необходимо заменить какую-либо деталь котла, то известно, что детали для котлов меньшей мощности доступнее и дешевле за счет большей серийности производства.

В-шестых, экономный расход энергии за счет меньшей потери эффективности при работе на неполной мощности.

К преимуществам такой системы можно отнести также возможность варьировать расположение котлов и само место установки.

Ступенчатая система каскадного подключения позволяет с большой эффективностью восполнять нагрузки отопительной системы. Однако нельзя рассчитывать, что чем больше котлов в системе, тем эффективнее их работа. Пропорционально увеличению количества единиц увеличиваются потери тепла через поверхности неработающих котлов, поэтому специалисты советуют остановиться на каскаде максимум из четырех котлов. Для бесперебойной работы системы необходима установка гидравлического разделителя, обеспечивающего снижение гидравлического сопротивления и гидравлический баланс котлового и отопительного контуров

Наиболее распространенными производителями являются «Лагуна-СТ», ООО «Термона-Рус», ООО «Технология тепла».

Курбанова С.И., Ременьюк А.В., Никулина А.Ю., Осипов П.В.
УрФУ, tes.urfu@mail.ru

Продуктами процесса частичной газификации в карбонизаторе являются синтез-газ, который направляется в камеру сгорания газотурбинной установки, и полукокс, используемый в качестве топлива для нагрева воздуха и генерации пара. Тепло отработавших в газовой турбине продуктов сгорания утилизируется в высокотемпературном воздухонагревателе, работающем на полукоксе и при необходимости на дополнительном топливе. Пар поступает в паровую турбину для выработки электроэнергии, а воздух подается в камеру сгорания ГТУ.

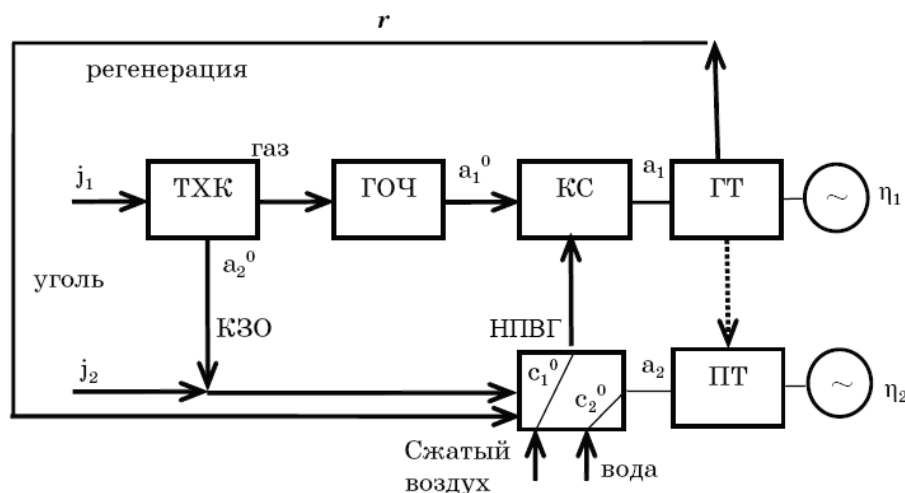


Рис. 1. Схема ПГУ с ТХК и воздухонагревателем

а) пар;
б) смесь пара и воздуха;
в) смесь пара и двуокиси углерода (CO_2).

135

венного и количественного анализа компонентов газовой смеси, выделяющейся в процессе термохимической конверсии твердого топлива [2].

Прибор синхронного термического анализа служит для одновременного определения изменения массы и калориметрических эффектов. Конфигурация прибора включает две различные печи - графитовую и печь для работы в среде водяного пара (табл. 1). Взаимозаменяемые держатели образца позволяют оптимально настроить систему для различных областей измерительных задач. При использовании термогравиметрических (ТГ) держателей проводятся измерения массы в зависимости от температуры, заданной скорости нагрева, подаваемого газового носителя. Использование дифференциально сканирующих (ДСК) держателей позволяет количественно оценивать тепловые эффекты.

Таблица 1

Технические характеристики печей

	Графитовая печь	Печь водяного пара
Температурный интервал, °С	25...2000	25...1250
Скорость нагревания, К/мин	0,1-50	0,1-20
Время охлаждения	от 1900 до 100 °С 45 минут	от 1200 до 100 °С 60 минут
Возможность импульсной подачи газа реагента	Есть	Есть
Газовая атмосфера	окисляющая, восстанавливающая, инертная, коррозионные газы	
Дискретность весов, мг	0,1	
Тип держателя	ТГ/ДСК (масса до 2 г) 	ТГ (масса до 35 г) 

Синхронный термический анализ широко используется в различных областях при исследовании свойств металлов, керамики, полимеров и других веществ. Метод также получил распространение при изучении кинетики процессов горения и газификации различных топлив и смесей [3], поскольку наряду с убылью массы топлива измеряется состав газов, а также имеется возможность импульсной подачи газа для поддержания изотермических условий.

В поисковых экспериментах была задействована печь для работы в среде водяного пара с ТГ держателем. В результате была получена реакционная способность (активность) топлива по отношению к разным газифицирующим реагентам. В качестве топлива использовались образцы активированного угля. Активированный уголь на 87-97 % по массе состоит из углерода, также содержит водород, кислород, азот, серу и другие вещества. Основные характеристики исследуемых образцов угля представлены в табл. 2, условия проведения экспериментов – в табл. 3.

Таблица 2

Характеристики активированного угля

Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г не менее	225
Адсорбционная активность по мелассе, мг/г, не менее	100
рН водной вытяжки	не нормируется
Степень измельчения: массовая доля остатка на сетке 0.1 мм, % не более	5
Массовая доля золы, %, не более	10
Массовая доля водорастворимой золы, %, не более	2
Массовая доля соединений железа в пересчете на Fe+3, %, не более	0,2
Массовая доля влаги, %, не более	10
Водорастворимые соединения железа	-

Таблица 3

Условия проведения экспериментов

	а	б	в
Масса образца, мг	296,6	296,3	295,1
Размер образца, мм	10	10	10
Скорость нагрева печи, К/мин	10	10	10
Начальная/конечная температура в эксперименте, °С	150...1100	150...1100	150...1100
Подаваемая смесь	пар и аргон	пар и воздух	пар и углекислый газ
Расход пара г/ч	3	3	3
Расход газа носителя, нл/ч	4 (Ar)	4 (Воздух)	4 (CO ₂)

Лабораторная установка состоит из измерительного блока и блока анализа газов (масс-спектрометра), рис. 2. Основными элементами измерительной части являются парогенератор и печь, рис. 3. С помощью парогенератора обеспечивался подвод пара и окислителя, который в случаях паровоздушной и пароуглекислотной газификации также выступал в качестве газа-носителя. В случае паровой газификации в качестве газа-носителя использовался аргон. Процесс сбора и обработки данных был автоматизирован с помощью программного обеспечения прибора.

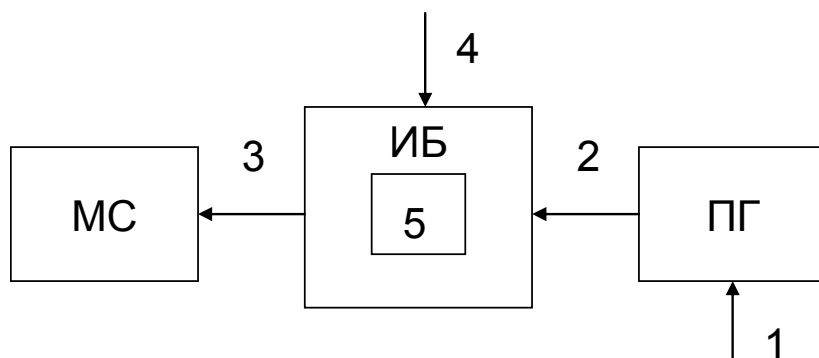


Рис. 2. Схема лабораторной установки

1 – продувочный газ (газ – носитель); 2 – пар и продувочный газ; 3 – продукты конверсии; 4 – защитный газ (аргон); 5 – топливо; МС – масс-спектрометр; ИБ – измерительный блок; ПГ – парогенератор

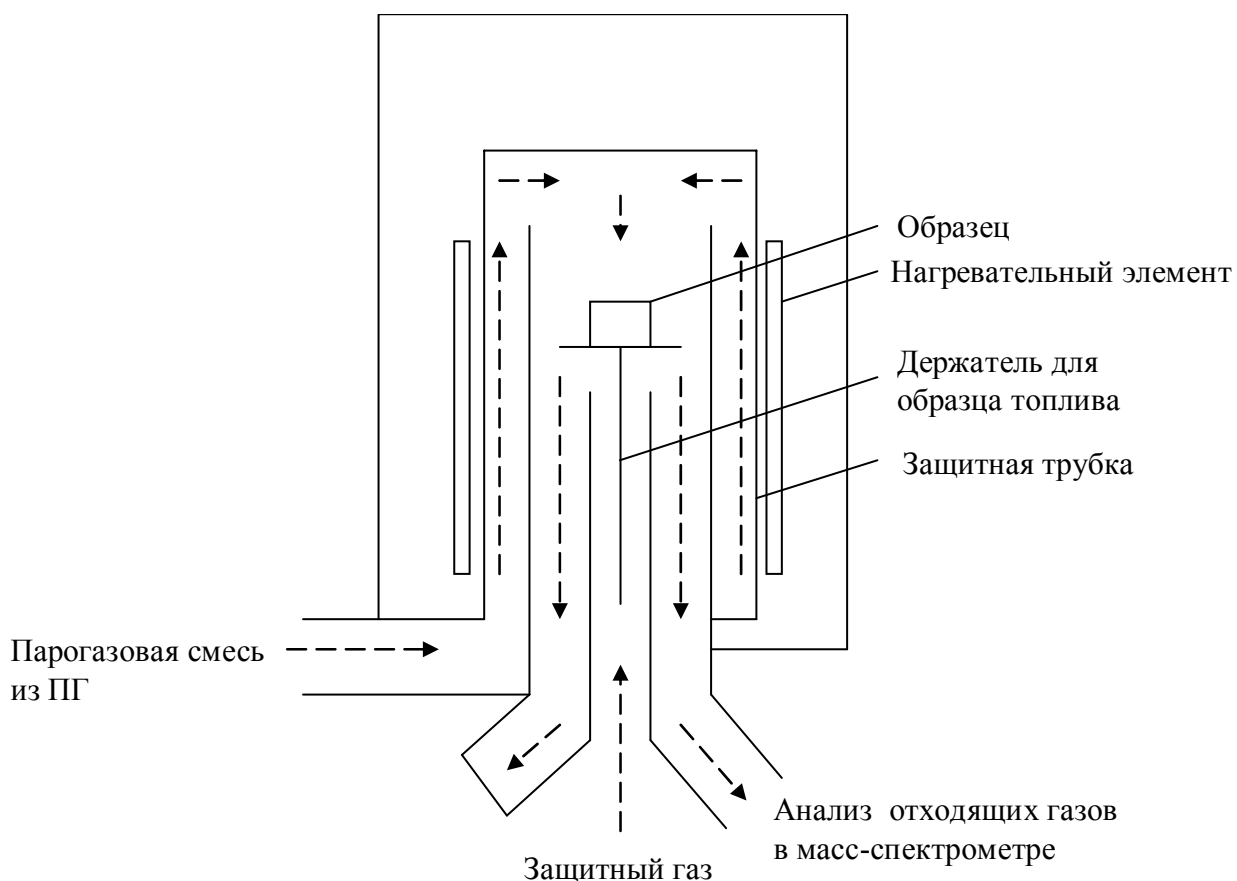


Рис. 3. Схема печи измерительного блока

Перед началом эксперимента линия подачи парогазовой смеси, транспортная линия отвода на масс-спектрометр, а также сама печь прогревались до 150 °С для избежания конденсации водяных паров. Скорость разогрева печи составляла 10 °С/мин, а конечная температура – 1100 °С.

К образцу активированного угля, размещенному на держателе, парогазовая смесь подводилась сверху. По ходу разогрева печи происходила конверсия образца, фиксировались убыль массы углерода (с дискретностью 0,1 мг), температура образца и продукты газификации.

Для всех трех случаев продукты реакции анализировались квадрупольным масс-спектрометром QMS 403C Aëolos. В масс-спектрометрическом преобразователе молекулы анализируемых газов ионизируются в ионизаторе бомбардировкой ускоренным электронным пучком. Образовавшиеся положительные ионы вытягиваются из ионизатора, фокусируются в пучок и направляются в область анализа, где под действием электрических или магнитных полей разделяются по характерному для них отношению массы иона m к его заряду q . Отношение m/q называется массовым числом. При разделении по массовым числам масс-спектрометр настраивается так, что на коллектор приходят ионы только одного сорта (массы). При этом во внешнем коллекторе возникает ток, пропорциональный парциальному давлению данного газа. На коллектор последовательно приходили ионы разных газов, образуя во внешней цепи ряд пиков.

На рис. 4 приведены пики компонентов продуктов реакции при подаче паро-углекислотной смеси.

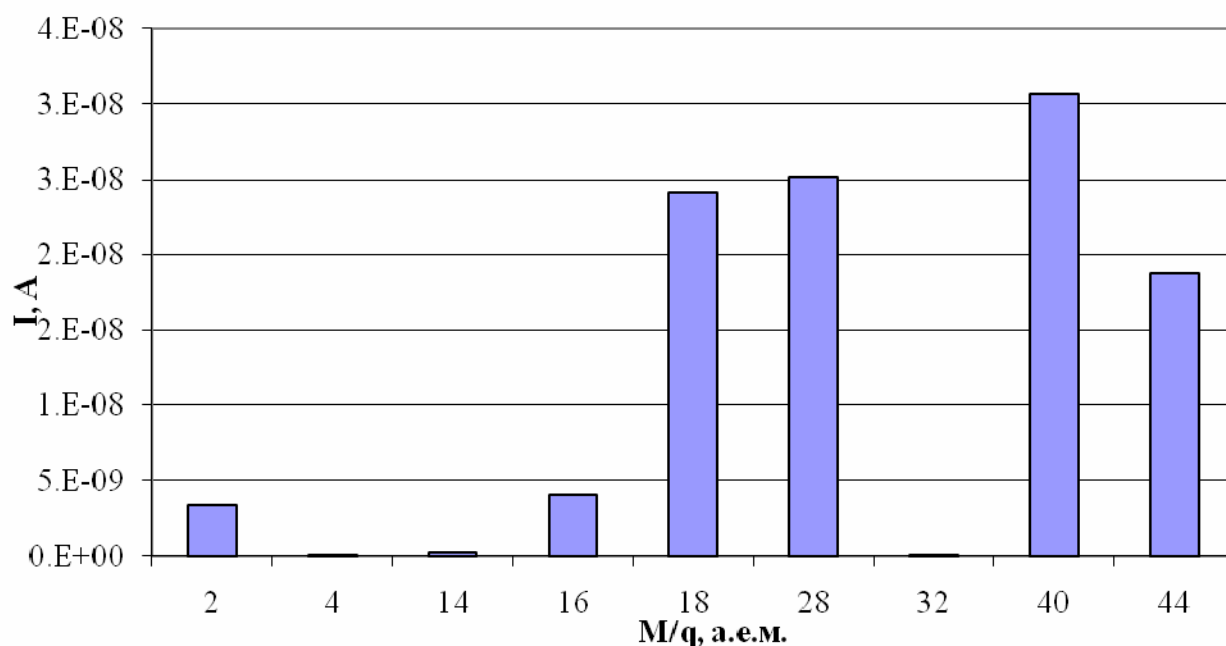


Рис. 4. Масс-спектр продуктов реакции при температуре 950 °С

Полный набор спектров (ионных токов) компонентов, а также кривая убыли массы в случае взаимодействия образца с паро-углекислотной смесью показаны на рис. 5.

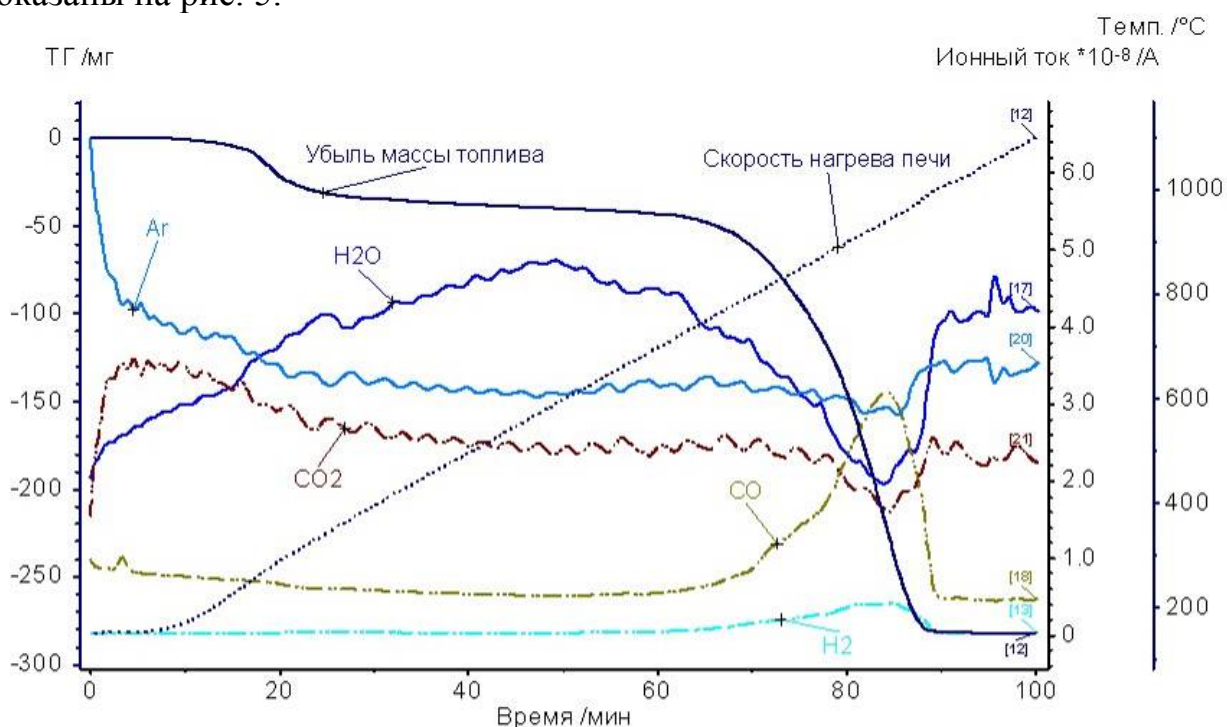


Рис. 5. Данные, полученные для смеси (в)

Сравнение кривых термогравиметрического анализа для трех случаев представлено на рис. 6. На кривых (а) и (в) можно выделить два характерных участка, на которых происходила убыль массы образца. В случае (б) убыль массы шла постепенно.

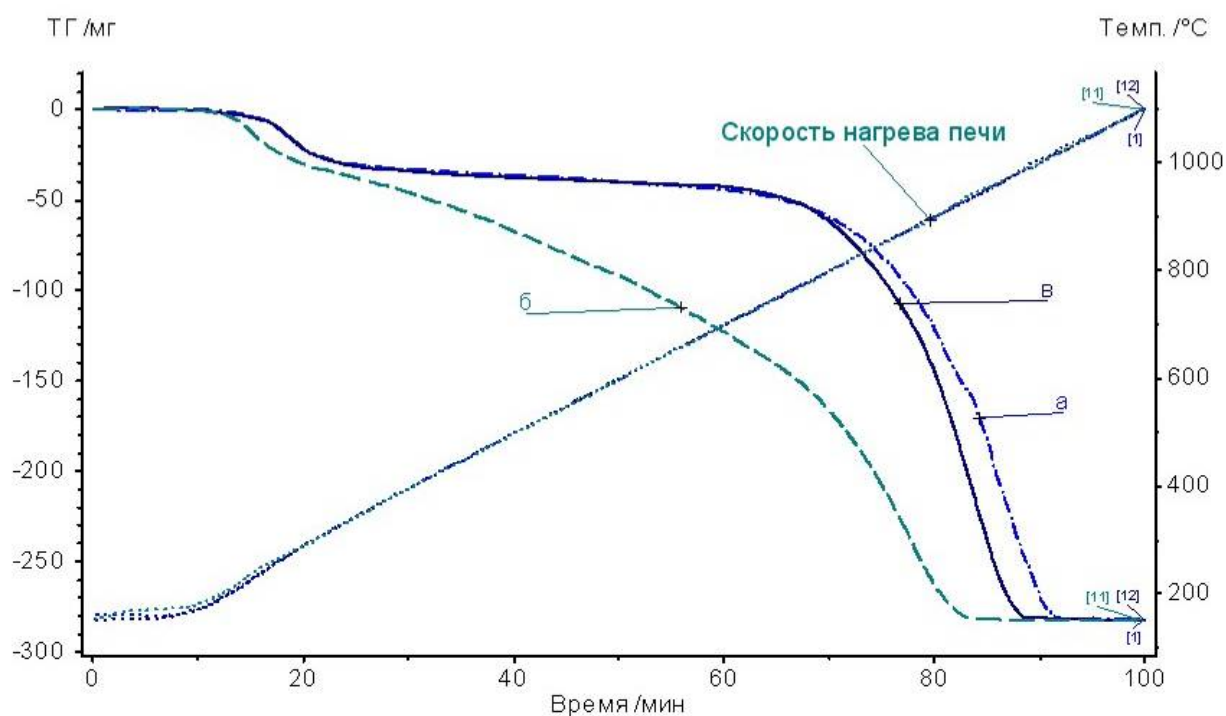
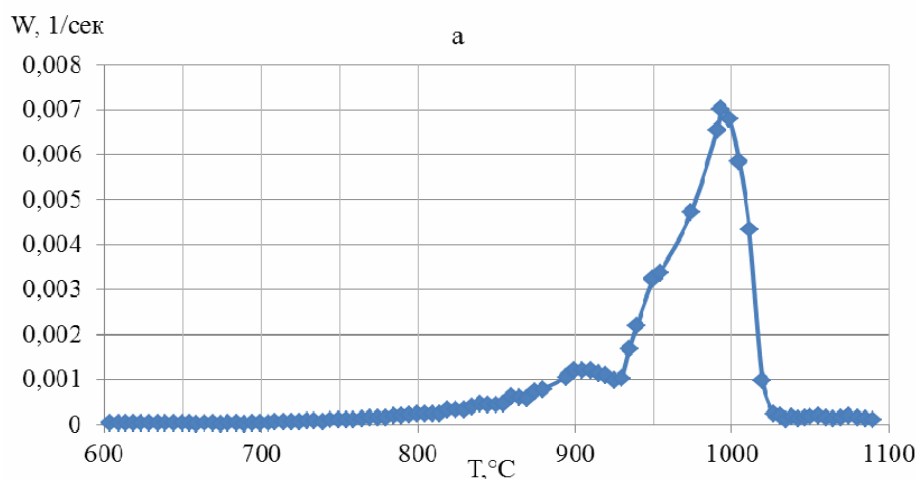


Рис. 6. Убыль массы образца при подаче смесей (а), (б) и (в)

В процессе эксперимента был рассчитан показатель химической активности или реакционной способности, который имеет важное значение для характеристики процесса газификации [4]. Реакционная способность определялась по отношению к парогазовой смеси, подводимой к образцу, как отношение убыли массы (dm), за время (dt) к текущей массе образца (m_T).

$$W = \frac{dm}{dt} \cdot \frac{1}{m_T} \quad (1)$$

Как видно из графиков на рис. 7, химическая активность топлива возрастает с температурой. Максимальная скорость реакции для случаев (а), (б) и (в) достигается при температурах 990, 910 и 960 °C, соответственно.



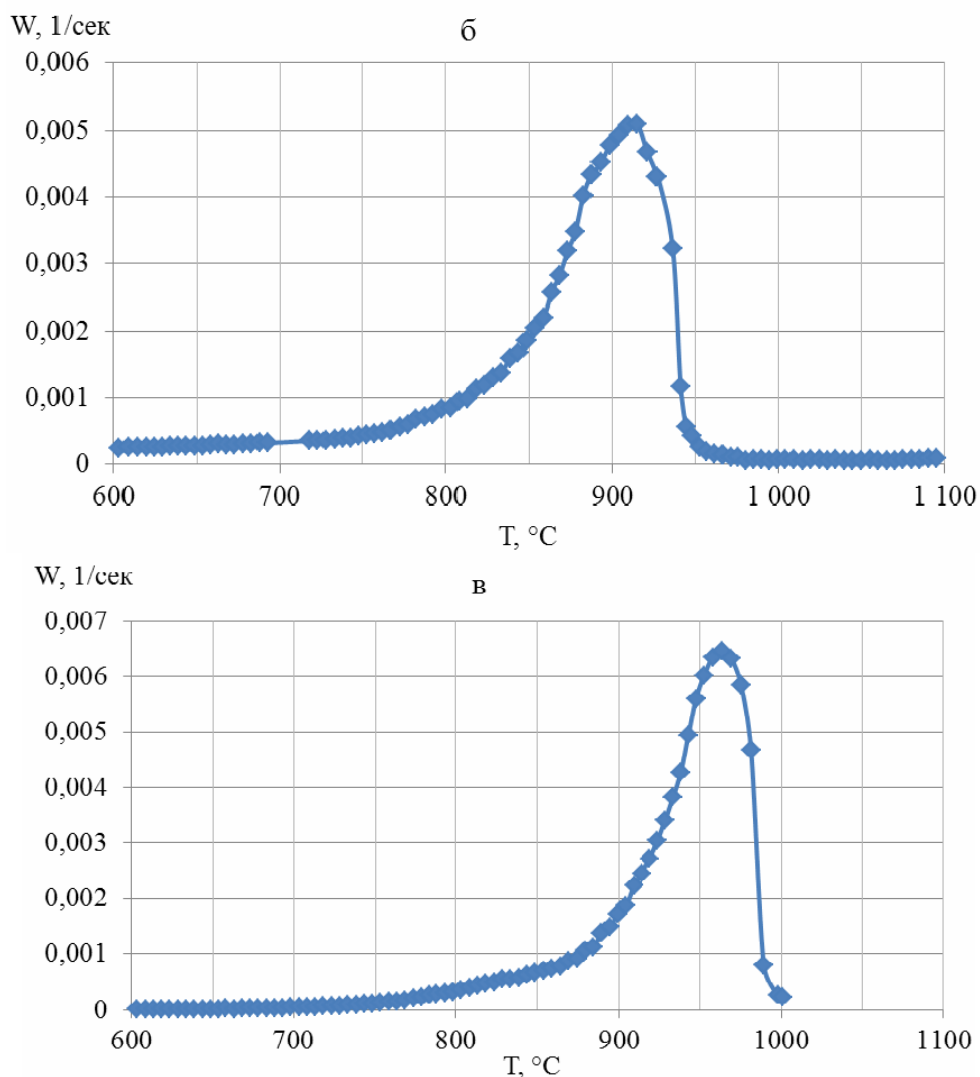


Рис. 7. Химическая активность топлива для смесей (а), (б) и (в)

Для данного уровня температур, полученные значения максимальной скорости реагирования имеют близкие значения с данными [5] по конверсии коксовых остатков энергетических углей при взаимодействии с кислородом воздуха и CO_2 .

Визуальный анализ (рис. 8) твердого остатка показал, что у образцов сохраняется зольный каркас, цвет в случае (а) и (в) темно серый, в случае (б) – бурый. В случае паровоздушной смеси остаток имеет более рыхлую структуру.

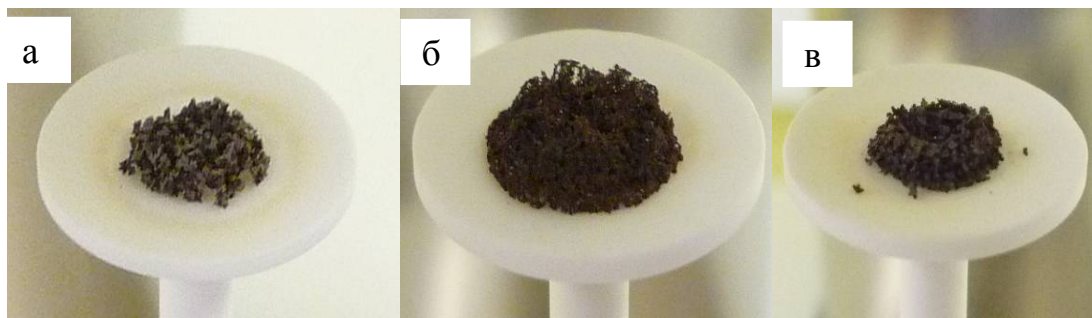


Рис. 8. Зольные остатки образцов топлива при подаче смесей (а), (б) и (в)

На основе полученных данных были проведены кинетические расчеты энергии активации. Результаты обработки представлены на рис. 9.

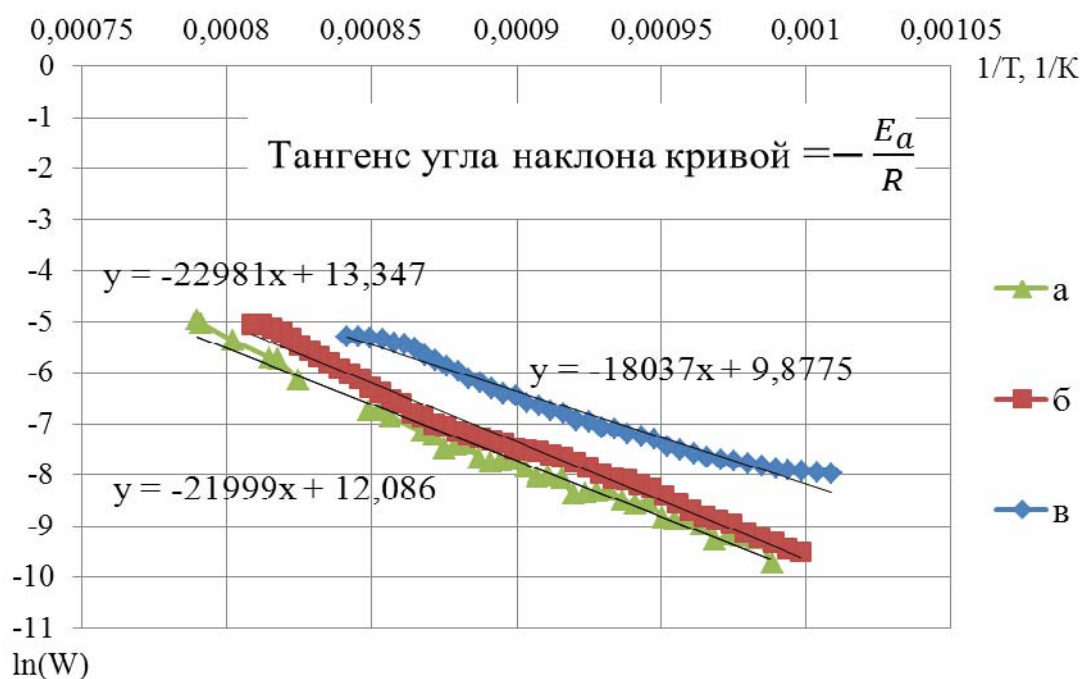


Рис. 9. Зависимость логарифма удельной скорости реагирования от обратной температуры для смесей (а), (б) и (в)

При взаимодействии активированного угля с паром значение энергии активации составило 183 кДж/моль, со смесью пара и воздуха 150 кДж/моль, со смесью пара и CO_2 191 кДж/моль.

В последующих экспериментах планируется рассчитать объемные концентрации продуктов реакции по значениям ионных токов для получения количественного состава синтез-газа.

Библіографічний список

1. Богатова Т.Ф., Попов А.В., Рыжков А.Ф., Силин В.Е. Инновационные технологии в энергетике / под ред. Н.В. Клочковой. Иваново: Научная мысль, 2011. 228 с.
2. Netzsch Instrument Manual Version 1.5/S. NETZSCH-Geratebau, 2011. 42 p.
3. Antero Moilanen. Thermogravimetric characterisations of biomass and waste for gasification processes. Espoo 2006. VTT Publications 607. 103 p.
4. Справочник азотчика / М.М. Караваев и др. 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1987. 455 с
5. Майстренко О.Ю. Основні закономірності горіння та газифікації високо зольного вугілля в різних модифікаціях киплячого шару: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Київ, 1999. 35 с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

*Кучеренко М.Н., Сизенко О.А.
Тольяттинский государственный университет
kucherenk_maria@mail.ru*

Одним из перспективных путей снижения потребления тепловой энергии является совершенствование аэродинамических характеристик систем вентиляции жилых зданий.

В настоящее время для многоэтажных (5, 9, 16 этажей) жилых зданий нормами предусматривается естественная вентиляция из кухонь и санузлов. Учитывая нестационарность параметров наружного микроклимата, а также различные условия эксплуатации помещений (герметичные или негерметичные окна, открытые или закрытые двери кухонь и туалетов и т.п.), проведение научно обоснованного расчета систем естественной вентиляции в указанных зданиях является невыполнимой задачей, а, следовательно, добиться нормативного воздухообмена на всех этажах при имеющихся конструкциях систем невозможно. Полученные в результате натурного эксперимента (9-этажный эксплуатируемый жилой дом с теплым чердаком, район строительства – г.о. Тольятти) данные по объемам удаляемого воздуха через вентиляционные системы санузлов и кухонь показали, что фактический объем удаляемого воздуха практически всегда не соответствует нормируемому [1].

Последствиями нерасчетных режимов работы систем естественной вентиляции являются избыточный воздухообмен на нижних этажах, и недостаток воздухообмена в верхних [1]. В свою очередь, при недостатке воздухообмена повышается относительная влажность воздуха, что приводит к отпотеванию окон, откосов, наружных и внутренних углов даже при искусственно завышенных значениях термического сопротивления ограждающих конструкций. Рекомендуемая некоторыми авторами установка осевых вытяжных вентиляторов в вытяжные отверстия стояков приводит к перетеканию воздуха по вытяжным стоякам по этажам, что только усугубляет проблему. Установка дефлекторов на вытяжных сборных стояках при безветрии ухудшает работу систем естественной вентиляции. Наличие «теплых чердаков», как теплотехнических устройств, снижает эффективность и экономичность систем естественной вентиляции [2]. Таким образом, необходимы новые решения по повышению аэродинамической надежности систем естественной вентиляции, приводящей к снижению энергозатрат жилыми зданиями.

Решение проблемы снижения неравномерности поэтажных воздухообменов жилых зданий возможно путем разработки и внедрения комбинированной естественно-механической системы вытяжной вентиляции.

Большинство разработчиков гибридных систем вентиляции подразумевают использование естественной вытяжки в холодный и переходный период года и механических устройств для побуждения движения воздуха в теплый период года. Связано это с тем, что за расчетную температуру наружного воздуха при расчете систем естественной вентиляции принимается температура $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Соответственно, с понижением наружной температуры величина избыточного давления увеличивается, что теоретически улучшает работу системы. Следует также отметить, что на эффективность работы систем естественной вентиляции немалое значение оказывает ветровое давление, которое в нормах не учитывается.

В то же время расход удаляемого воздуха является лишь одной составляющей воздушного баланса квартиры. Значительную роль также играет расход воздуха, поступающего или удаляемого через окна и входную дверь, а также тепловой режим, поскольку вместе с воздухом удаляется и тепло. Чем интенсивнее работает система вытяжной вентиляции при понижении наружной температуры, тем большее количество тепла удаляется из квартиры. Таким образом, повышение воздухообмена приводит к неоправданным расходам энергии на отопление, особенно на нижних этажах здания.

Расчеты, проведенные для 9-этажного жилого дома, показали, что с понижением температуры с $+5^{\circ}\text{C}$ до -30°C фактическая величина воздухообмена на 1 этаже в 3,5 раза превышает нормативную величину, что приводит к увеличению затрат тепла на отопление на 74 Вт/м^2 .

Снижение поэтажной неравномерности воздухообменов при низких температурах наружного воздуха возможно за счет внедрения механической вытяжной вентиляции. Обеспечение воздухообмена в пределах нормируемых величин позволяет сократить затраты тепла на отопление здания на 64 кВт .

Таким образом, применение механической вентиляции в жилых зданиях при низких температурах наружного воздуха позволяет повысить энергоэффективность систем отопления и вентиляции. Использование естественной вентиляции должно быть обосновано во всем диапазоне наружных температур, при которых эксплуатируется здание.

Библиографический список

1. Кучеренко М.Н., Сизенко О.А. Анализ эффективности систем естественной вентиляции жилых зданий с теплым чердаком // Приволжский научный журнал (Н. Новгород, ННГАСУ). 2008. № 3 (7). С. 33-37.
2. Бобровицкий И.И., Шилкин Н.В. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых зданиях // АВОК. 2010. № 3. С. 16-23.

ВЫБОР ОСНОВНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

*Лукина Е.В., Павлович О.Н., Белоусова О.А.
УрФУ, opavlovich@k66.ru*

Каталитический риформинг является в настоящее время наиболее распространенным методом каталитического облагораживания прямогонных бензинов. Он служит для одновременного получения высокооктанового базового компонента автомобильных бензинов, ароматических углеводородов – сырья для нефтехимического синтеза, и водородосодержащего газа – технического водорода, используемого в гидрогенизационных процессах нефтепереработки. Установки каталитического риформинга имеются практически на всех отечественных и зарубежных нефтеперерабатывающих заводах. В настоящее время существуют различные виды нового оборудования, предлагаемые на российском рынке и влияющие на эффективность работы установок каталитического риформинга.

В данной работе проведен анализ работы установки каталитического риформинга на предприятии ООО «РН – Туапсинский НПЗ», в результате, которого выявлены основные недостатки теплообменного оборудования установки, такие как:

- коррозионный износ корпусов теплообменников вследствие неудачного монтажного оформления;
- наличие отложений на стенках трубок серы, кокса, хлористого аммония и других соединений;
- снижение степени нагрева газосырьевой смеси;
- увеличение перепада давления по трубному и межтрубному пространству;
- большой расход электроэнергии на компрессоре, вследствие указанных выше причин и ухудшение условий его работы;
- выходящая из теплообменника газопродуктовая смесь имеет более высокую температуру, что требует увеличения расхода электроэнергии или воды для ее охлаждения.
- наличие на теплообменниках язв, задиров, вмятин на уплотнительных поверхностях корпусов снижает надежность и безопасность работы установки.

Для повышения эффективности установки каталитического риформинга проведен выбор основного теплообменного оборудования и предложено заменить шесть кожухотрубчатых теплообменников, используемых в схеме, на один вертикальный пластинчатый теплообменник типа «Пакинокс».

Пластинчатые теплообменники в процессах риформинга, в отличие от кожухотрубчатых теплообменных аппаратов, позволяют повысить коэффициент теплопередачи в 2–3 раза и тепловой КПД за счет использования пластин большой длины, увеличить производительность установки.

Проведен расчет основных конструктивных параметров вертикального пластинчатого теплообменника. Выбраны основные параметры теплообменни-

ка – высота корпуса, диаметр, поверхность теплообмена, толщина пластин, расстояние между пластинами, количество пластин в теплообменном аппарате.

Исходя из проведенных расчетов, можно судить о том, что один пластинчатый теплообменник сможет заменить шесть кожухотрубчатых теплообменников, так как суммарная поверхность теплообмена шести кожухотрубчатых равна поверхности теплообмена одного пластинчатого теплообменного аппарата. Таким образом, теплообменник типа «Пакинокс» является наиболее компактным, по сравнению с шестью кожухотрубчатыми теплообменными аппаратами.

Помимо этого, конструкция пластинчатого теплообменного аппарата позволяет оптимизировать скорости движения рабочих сред с образованием турбулентных потоков, что позволит уменьшить отложения загрязнений на рабочих поверхностях.

Проведенная оценка экономической эффективности предлагаемого усовершенствования установки каталитического риформинга показала целесообразность замены кожухотрубчатых теплообменников. Эксплуатация предлагаемого вертикального пластинчатого теплообменника позволяет экономить до 840000 кВт/ час электроэнергии в год. Повышенный коэффициент теплопередачи обеспечивает не только снижение потребления топлива на установке на 3600 тонн в год, но и уменьшает загрязнение окружающей среды.

Предлагаемый вертикальный пластинчатый теплообменник может быть установлен на предприятии ООО «Туапсинский НПЗ».

РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И УСТРОЙСТВ

*Майоров А.В., Носков И.В., Пакулина Н.М., Плетнев С.К., Лобунец О.Д.
УрФУ, E-mail: shadow0712@mail.ru, lbydby@yandex.ru*

Электрические цепи и устройства являются базовыми объектами, на примерах которых изучаются явления электродинамики. Знание законов электротехники позволяет глубже проникнуть вглубь материального мира и более полно использовать возможности технических систем для удовлетворения потребностей человечества. Вместе с тем, энерго- и ресурсосбережение в области электротехники предполагает всестороннее знание явлений электродинамики, происходящих, в том числе, в электрических цепях. Данные знания позволяют достичь лучших результатов при разработке, изготовлении и практическом использовании электротехнических устройств. Подготовка специалистов для эффективной работы в области энерго- и ресурсосбережения может быть осуществлена с учетом передового опыта, накопленного в России и других странах, предполагающего достаточно широкое использование в процессе обучения информационных технологий. Применение в процессе обучения информационных технологий, в свою очередь, характеризуется высокой динамикой, разработкой все более совершенных приложений для моделирования электротехнических

цепей и устройств. Поэтому темой выбрана разработка методического пособия для изучения электрических цепей в вузе в одной из последних версий моделирующей программы Multisim.

Главными частями данного методического пособия являются следующие разделы:

- 1) исследование линейных цепей постоянного тока;
- 2) исследование нелинейных цепей постоянного тока;
- 3) исследование линейных однофазных RLC цепей синусоидального тока при последовательном соединении приемников;
- 4) исследование линейных однофазных RLC цепей синусоидального тока при параллельном соединении приемников;
- 5) исследование линейных однофазных RLC цепей синусоидального тока при смешанном соединении приемников;
- 6) исследование однофазной цепи синусоидального тока при резонансе напряжений;
- 7) исследование однофазной цепи синусоидального тока при резонансе токов;
- 8) исследование линейных трехфазных цепей синусоидального тока при соединении приемников по схеме звезда;
- 9) исследование линейных трехфазных цепей синусоидального тока при соединении приемников по схеме треугольник;
- 10) исследование переходных процессов в электрических цепях с одним накопителем энергии;
- 11) исследование переходных процессов в электрических цепях с двумя накопителями энергии при апериодическом характере переходного режима и при затухающем колебательном характере переходного режима;
- 12) исследование катушки индуктивности с магнитопроводом в цепи переменного тока;
- 13) исследование однофазного трансформатора;
- 14) исследование двигателя постоянного тока с независимым возбуждением;
- 15) исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением;
- 16) исследование двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением;
- 17) исследование магнитного пускателя.

Каждая из частей указаний состоит из целевой установки выполнения работы, перечня оборудования, используемого при проведении эксперимента, кратких теоретических сведений, из описания порядка проведения и изложения результатов соответствующего эксперимента.

Данная работа может послужить более глубокому и полному изучению теории электрических цепей и устройств, что, в свою очередь, обусловит достижение более высоких результатов в области энерго- и ресурсосбережения в машиностроении и электроэнергетике.

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

*Малоземова О.Ю.
УрФУ, yourlifeinyourhand@yandex.ru*

В современном мире необходимым условием сохранения жизни и развития цивилизации стало обеспечение человечества достаточным количеством энергии и топлива. Проблема ограниченных запасов природных топливно-энергетических ресурсов, к которым относятся невозобновляемые источники энергии (уголь, нефть, природный газ), заставила мировое сообщество всерьез обратиться к разработке программ энергосбережения. На данный момент энергосбережение стало основным и самым эффективным способом развития современной мировой энергетики.

На современном этапе можно выделить три основных направления энергосбережения: полезное использование (утилизация) энергетических потерь; модернизация оборудования с целью уменьшения потерь энергии; интенсивное энергосбережение. В созданной Правительством РФ законодательной базе прописаны приоритетные задачи развития энергосберегающих технологий:

- снижать энергопотребление в сопоставимых условиях не менее, чем на 3 % в год в течение пяти лет;

- создание новой идеологии государственных закупок, включающей в себя замену устаревших осветительных приборов на энергосберегающие, введение права устанавливать минимальные требования по энергоэффективности при покупке товаров для нужд государства;

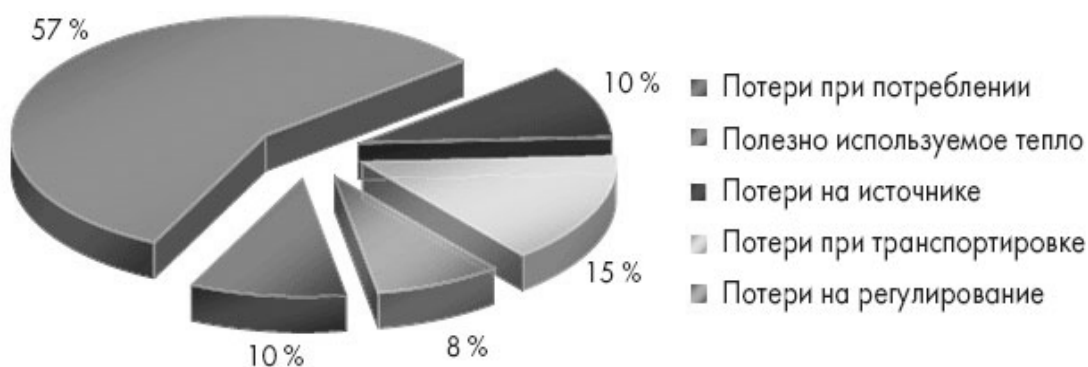
- введение требований для производителей и импортеров товаров по обязательной маркировке продукции по классам энергоэффективности;

- изменение тарифной политики путем применения долгосрочных методов тарифного регулирования;

- введение требований к организациям коммунального комплекса, обязывающих учитывать при формировании инвестиционных программ мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

В последнее время энергетика обеспечивает значительный рост благосостояния во всем мире за счет увеличения производства энергоресурсов, их эффективного использования и внедрения энергосберегающих технологий. Поэтому повышение энергетической эффективности экономики является главной задачей энергетической стратегии России. По данным специалистов, доля энергозатрат в себестоимости продукции в России достигает 30–40 %. Во многом это вызвано использованием устаревшего оборудования на крупных предприятиях, в ЖКХ и других сферах деятельности. К примеру, на большинстве отечественных предприятий до сих пор используются электродвигатели с большой мощностью, которые рассчитаны на максимальную нагрузку, хотя пиковый период работы составляет всего 10–15 % от общего количества рабочего времени. Решением этой проблемы может стать оптимизация оборудования за счет ис-

пользования электроприводов, автоматизация технологических и производственных процессов. Хорошо зарекомендовали себя частотно-регулируемые электроприводы со встроенными функциями оптимизации энергопотребления. Все большей популярностью пользуются энергосберегающие технологии, основанные на применении альтернативных и возобновляемых источников энергии. В настоящее время существует целый ряд технологий, позволяющих значительно снизить расход энергоресурсов для теплоснабжения промышленных предприятий и жилых домов. Анализ структуры потерь при потреблении тепла в жилых домах позволяет определить основные пути решения проблемы энергосбережения на этапе потребления: применение горизонтальной поквартирной разводки системы отопления с индивидуальным управлением, разработка и внедрение энергоэффективной схемы приточно-вытяжной вентиляции для зданий, использование современных строительных материалов и технологий.



Структура потерь тепла при производстве, транспортировке и потреблении

Ранжирование структуры потерь тепла при производстве, транспортировке и потреблении (рисунок) позволяет наметить для реализации основные пути повышения энергоэффективности в этой сфере:

- приблизить источники тепла, работающие на газе, к потребителю с целью уменьшения потерь тепла при транспортировке путем устройства пристроенных, встроенных автоматизированных котельных;
- организовать системы диспетчеризации, управления и учета производства и потребления тепловой энергии, используя самые современные информационные технологии, что позволит перевести систему теплоснабжения на качественно новый уровень интеллектуальных систем;
- при наличии обоснования экономического эффекта использовать для целей теплоэлектроснабжения промышленных предприятий и жилых районов мини-ТЭЦ на базе современных газопоршневых или газотурбинных установок, устройство электрических надстроек существующих котельных с использованием паротурбинных или газотурбинных агрегатов.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЖИЛИЩЕ – ГАРАНТИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Марварова И.В., Захаров С.А.
ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»

Слова «жизнь» и «жилище» неслучайно являются родственными, однокоренными словами. Не секрет, что большую часть своего времени каждый из нас проводит в жилище, поэтому столь высокую значимость имеет качество параметров микроклимата жилого помещения, залогом которого и является энергосбережение. Однако рядовому жильцу, как правило, не понятна связь энергосбережения и качества микроклиматических параметров. Зачастую значимость энергосбережения рассматривается только с позиции окупаемости энергосберегающих мероприятий и материальной выгоды для самих жильцов. Но эта связь намного глубже: от того, насколько комфортна обстановка, в которой мы отдыхаем и восстанавливаем свои силы, зависит наше здоровье.

Часто люди не понимают, насколько связаны между собой здоровье и параметры микроклимата, считая, что они болеют из-за каких-то внешних факторов. Но следует помнить, что наше здоровье во многом зависит от условий жизни, и если мы болеем, значит что-то не так в нашем жизненном пространстве. К основным параметрам микроклимата, определяющим качество внутренней среды и уровень комфорта жилья, относятся:

- тепловой комфорт помещения;
- качество воздуха в помещении;
- кратность воздухообмена.

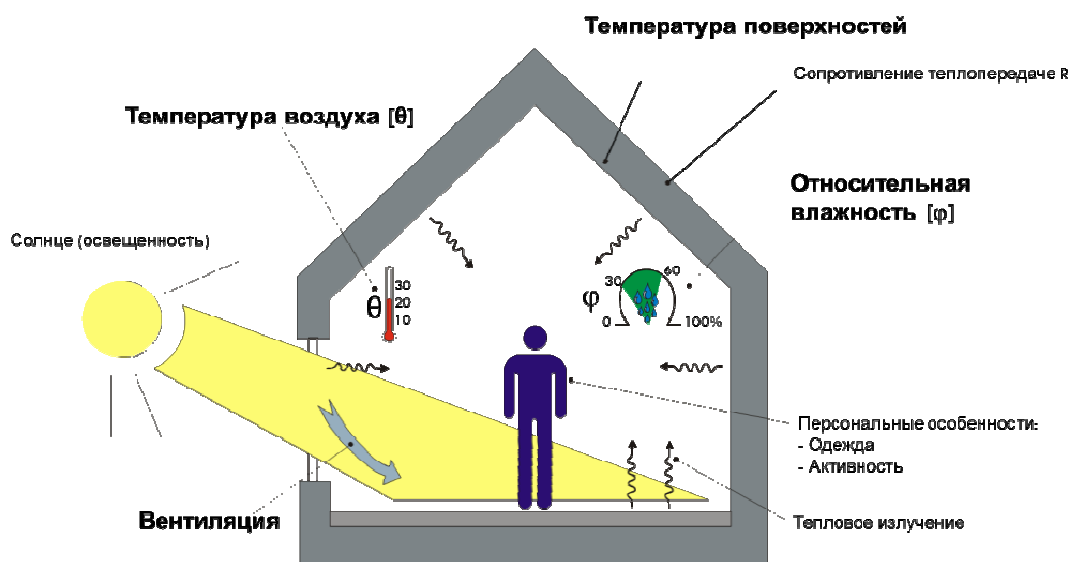


Рис. 1. Факторы термического комфорта

Все они в совокупности с возможными другими факторами (качество воды, плотность проживания в квартире, экологическая ситуация района проживания и др.) оказывают прямое влияние на здоровье человека. Остановимся подробнее на некоторых из них.

Температурно-влажностный режим помещения – один из основных факторов, влияющих на физиологическое состояние человека. Тепловой комфорт означает термически нейтральное состояние микроклимата помещения, при котором механизмы терморегуляции человека не испытывают напряжения. Другими словами комфорт – это отсутствие у человека потребности каких-либо изменений во внутренней среде помещения, т.е. у человека нет необходимости открывать окна для проветривания, включать обогреватель (кондиционер), пить согревающие напитки или выполнять еще какие-либо действия. Это, в свою очередь, позволяет поддерживать бодрое самочувствие, работоспособность и хорошее настроение. Именно параметры теплового комфорта служат гигиенической «нормой».

Регуляция температурного режима в помещении является необходимой для обеспечения теплового комфорта. Обеспечение регуляции температуры в здании возможно путем установки запорно-регулирующей и термостатической арматуры в отопительной системе здания. В то же время это является одним из наиболее распространенных энергосберегающих мероприятий. По оценкам аналитиков, запорно-регулирующая автоматическая арматура (терморегулирующая арматура) позволяет снизить расходы на отопление приблизительно на 20-25 %. Терморегулирующий вентиль и термоголовка на радиаторах отопления – это непереносимое условие для правильного распределения тепла в доме.

Поскольку в России пока отсутствуют обязательные требования по применению терморегулирующей арматуры, конечный потребитель часто может не знать о преимуществах применения запорно-регулирующей и термостатической арматуры. Кроме правильного расчета теплоотдачи отопительных приборов и с учетом параметров всех элементов системы отопления, появляется дополнительная возможность регулирования температуры внутри помещений, в зависимости от погодных условий либо по потребности пользователя. Например, на лестничных площадках, в кухнях, в коридорах либо в подвальных помещениях совсем не обязательно постоянно поддерживать постоянно температуру 20 °С. Детская комната должна быть более теплой, чем спальня родителей, а в кухне можно установить минимальную температуру.

Регуляция температурного режима помещений автоматически подразумевает под собой существенную экономию тепла, и, как следствие, экономию топлива или электроэнергии на его производство. Для определения экономической эффективности энергосберегающих технологий в среднестатистической жилой квартире был проведен ряд замеров, включающий в себя изменение температуры воздуха в жилом помещении.

В соответствии с ТСН 23-301-2004 необходимый уровень температуры внутри жилых помещений зданий составляет 21 °С. На этом же настаивает большинство специалистов, руководствующихся проведенными исследованиями. В действительности же без применения систем погодного регулирования и без учёта фактической внутренней температуры воздуха в большинстве случаев в жилых помещениях температура воздуха гораздо выше уровня в 21 °С. За исследуемый период (начало отопительного сезона 2011 года) было выявлено, что

так называемый «перетоп» (заштрихованная область на графике, рис. 2) составил:

$$P = \int_{t_1}^{t_2} (F(t) - 21^{\circ}\text{C}) dt$$

где P – «перетоп», $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$, t_1 и t_2 соответственно начало и конец исследуемого периода, $F(t)$ – фактическое значение температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, подставив измеренные значения, значение «перетопа» составляет в среднем $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ в месяц!

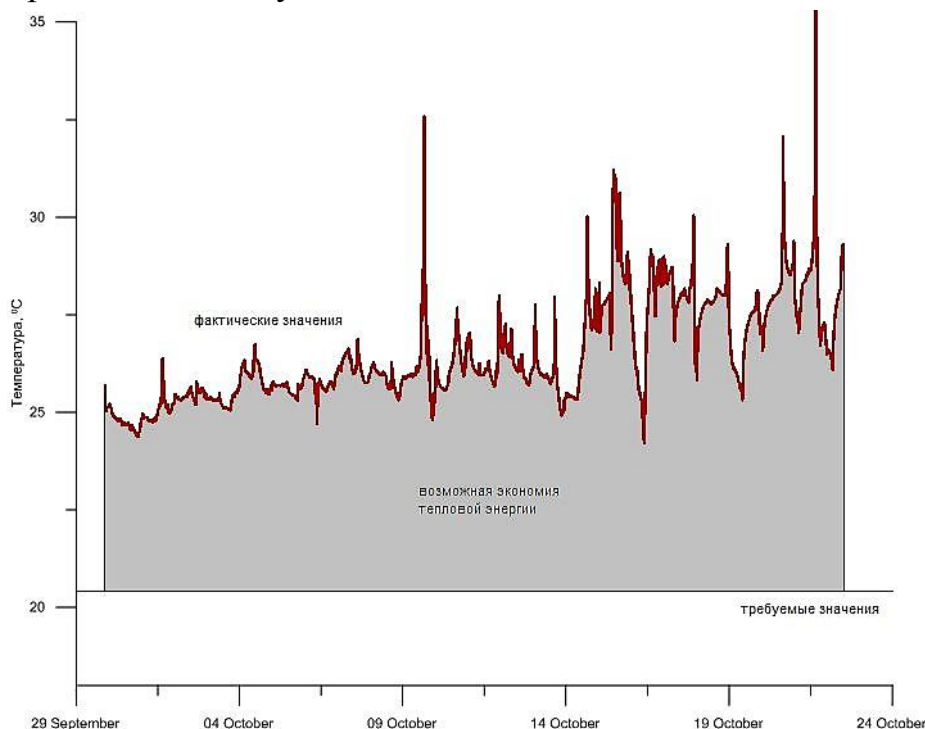


Рис. 2. График изменения температуры в жилой комнате (согласно проведенному исследованию)

Учитывая, что измерения проходили в многоквартирном жилом здании с классом энергоэффективности «С», приходим к выводу (в соответствии со СНиП 23-02-2003), что потребление тепловой энергии данным жилым зданием составляет порядка $70 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.})$ Произведя несложные вычисления, определяем, что ИЗБЫТОЧНОЕ потребление тепловой энергии составляет $480 \text{ кДж}/\text{мес.}$ или $0,115 \text{ Гкал}/\text{мес.}$, что с учётом стоимости тепловой энергии составляет порядка 100 руб. в месяц для однокомнатной квартиры. Конечно, выявленный экономический эффект в денежном эквиваленте может быть получен только при наличии в квартире теплосчетчика и при условии оплаты тепловой энергии по фактическому ее потреблению, чего в большинстве существующих зданий предшествующих годов постройки не существует. Однако, не следует забывать о «сбережении здоровья» за счет обеспечения и поддержания условий теплового комфорта в помещении. Возможно, для многих такой эффект будет гораздо выше.

Острота жилищной проблемы в РФ в современный период, когда общество приспосабливается к жизни в условиях рынка, состоит в том, чтобы в объёме разумной достаточности учесть обе стороны жилища: экономическую и энерго-

эффективную. Таким образом, с одной стороны, необходимо создать рынок жилья, соответствующего имеющемуся спросу и экономическим возможностям населения, который в настоящее время хотя и с трудом, но всё же формируется. С другой стороны, нельзя при проектировании жилища руководствоваться только экономическими соображениями. Следует уделять должное внимание энергетической эффективности зданий и энергосберегающим мероприятиям, являющимся залогом качества параметров микроклимата жилища. В последнее время специалисты настоятельно советуют при строительстве новых зданий сразу устанавливать запорно-регулирующую арматуру (термовентили, термоголовки). Лучше всего уже на стадии проектирования предусмотреть возможность регулирования и балансировки системы. При реконструкции и санации жилых домов такие мероприятия должны выполняться в обязательном порядке. При реализации энергосберегающих мероприятий не следует экономить энергию в ущерб комфорту. Энергосберегающие мероприятия обеспечивают не только экономию энергетических ресурсов, но и постоянство нормируемых параметров микроклимата, гарантируя, тем самым, сохранение здоровья и работоспособности человека в жилище.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Масликов П.А.¹, Демидович В.Б.¹, Наке Б.²

*¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ», Россия
pmaslikov@gmail.com*

² Ганноверский университет им. Лейбница, институт Электротехнологий, Германия

Электромагнитная обработка материалов получает все более широкое применение в науке и промышленности. Эффекты взаимодействия электромагнитного поля с проводящими материалами в различном агрегатном состоянии широко используются в технологиях нагрева, плавки, упрочнения, сварки, направленного движения жидкого металла, изменения структуры и т.д. Чем шире диапазон частот и мощности воздействия, тем больше возможности реализации новых технологий. В связи с этим существенное место в металлургической промышленности индустриально развитых стран имеет бесконтактный способ индукционного нагрева.

Внедрение технологических процессов непрерывной разливки с последующей прокаткой, непрерывной термообработки и покрытия ленты защитными материалами, термообработки труб, штамповки сплавов в твердожидком состоянии методом тиксоформовки привели к острой потребности в высокоэффективных индукционных установках с контролируемым прецизионным нагревом металла.

Потребление конечной энергии установками индукционного нагрева, вследствие более эффективного их действия, меньше на 75-80 %, чем газовых установок. Также безусловным преимуществом индукционных установок являются большие возможности регулирования нагрева, что приводит к повыше-

нию качества продукта и увеличению срока службы прокатного стана. Выбор же некоторых предприятий в пользу газовых установок основан на относительно высокой стоимости индукционного оборудования и, нередко, на очень высокой цене на электроэнергию.

Выбор метода нагрева по экономическим показателям, полученным из расходов на капитальные вложения, конечную энергию, применяемый материал, техническое обслуживание и т. д., часто приводит предприятие к выбору пламенных методов нагрева. При этом даже присущий этим методам низкий КПД процесса не может ничего изменить, поскольку затраты на ископаемые горючие материалы сегодня значительно ниже, чем на электроэнергию. Однако, при таком подходе часто остаются без внимания факторы, расходы на которые весьма трудно рассчитать, такие как угар металла, износ инструмента, занимаемая площадь, возможность брака, качество продукта, условия труда.

Рост мощности, повышение требований к качеству нагрева и энергетическим показателям делают актуальной задачу оптимизации основных конструктивных параметров индукционных нагревателей и режимов их работы. Экспериментальное решение этой задачи крайне затруднительно. Оно связано с затратами значительных материальных ресурсов и времени. Опыт использования методов математического моделирования для исследования и проектирования систем высокочастотного нагрева показал их высокую эффективность при изучении процессов, протекающих в устройствах индукционного нагрева, позволяя выявлять новые закономерности и получать рекомендации по проектированию нагревателей и их режимов работы. Использование моделей, основанных на численном решении многомерных уравнений электромагнитного и температурного полей и учитывающих влияние основных конструктивных параметров нагревателя на его технико-экономические показатели, делает возможным проведение оптимизации индукционного нагревателя в диалоговом режиме работы проектировщика с ЭВМ путем многократного просмотра различных вариантов.

С энергетической точки зрения, трудно ожидать до последней трети XXI века полную замену в металлургическом производстве газового нагрева индукционным нагревом. Однако в будущем изменение структуры топливно-энергетического баланса делает электроэнергию наиболее перспективным энергоносителем для промышленного нагрева.

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных материалов в металлургической промышленности является титан, однако титан и сплавы на его основе стоят особняком в ряду металлов ввиду сложности их конечной механической обработки. Многие детали из данных материалов, особенно достаточно мелкие, гораздо удобнее изготавливать методом прецизионного литья и сводить механическую обработку к минимуму.

Особенность плавки титановых сплавов обусловлена их химической активностью, поэтому плавку необходимо вести в вакууме или в среде инертных газов, что ведет к значительному удорожанию установки (процесса).

В связи с вышесказанным в промышленности ведется поиск инновационных идей и технологий для термической обработки титана и его сплавов. Один из вариантов – это использование индукционного нагрева. В данном случае,

основная часть излучаемой энергии переходит в металл непосредственно, а не через детали конструкции камеры, как при традиционном литейном производстве, что позволяет использовать более экономные низкотемпературные виды изоляции с полным сохранением необходимых характеристик.

Следующим шагом в использовании титана и его сплавов является разработка технологии, обеспечивающей получение чистого расплава без дополнительной среды для технологического процесса, что значительно удешевит процесс производства титана и его использование. Однако для разработки подобной технологии необходимо проводить исследования на численных моделях в различных программных пакетах, анализировать полученные данные, на основе которых уже можно будет говорить об энергоэффективности разработанного метода получения расплава титана.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ЖИДКОЙ СТАЛИ

Матвеев С.В., Дёмин Ю.К., Картавцев С.В.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова

E-mail: serega6731@mail.ru

Мировое производство стали имеет устойчивую тенденцию к росту, как сообщает World Steel Association (Всемирная ассоциация стали), выплавка стали в 2010 году увеличилась на 15 % по сравнению с 2009 годом и составила 1,414 млрд т (табл. 1).

Таблица 1

Крупнейшие производители стали в мире, млн т

Страна	2010 г.	2009 г.	Рост производства стали, %
Китай	626,7	573,6	9,3
ЕС	173,1	138,7	24,8
Япония	109,6	87,5	25,2
США	80,6	58,2	38,5
Россия	67	60	11,7
Индия	66,8	62,8	6,4
Южная Корея	58,5	48,6	20,3
Германия	43,8	32,7	34,1
Украина	33,6	29,9	12,4
Бразилия	32,8	26,5	23,8
Турция	29	25,3	14,6

Как известно, сталь находится в жидком состоянии при температуре около 1600 °С, разливается для получения разнообразных отливок и при охлаждении выделяет теплоту. При охлаждении от 1600 °С до 1500 °С она отдает 84 МДж/т; в процессе кристаллизации при 1500 °С – существует изотермическая площадка до 275 МДж/т; при охлаждении от 1500 °С до температуры окружающей среды – 1075 МДж/т, большая часть этой теплоты теряется даже в низкотемпературной области (ниже 800 °С), а в высокотемпературной (1600...800 °С) она теряется практически полностью.

Учитывая это, логично поставить задачу разработки научных основ использования этой теплоты: выбор охлаждающего теплоносителя, направления использования отведенной теплоты, построение тепловой схемы, определение основных параметров и принципиальных конструктивных решений установки или системы, максимально эффективно использующих этот ресурс.

Методология интенсивного энергосбережения говорит о том, что наиболее эффективным является принцип технологической регенерации, то есть для увеличения коэффициента использования, энергию необходимо возвращать в процесс. В соответствии с принципом технологической регенерации высокопотенциальная теплота стали, в первую очередь, должна быть направлена на нагрев технологических потоков рассматриваемого процесса.

Предлагается разливка жидкой стали на жидкий теплоноситель. Жидкий металл льется на жидкий теплоноситель, и они двигаются вместе без проскальзывания, в результате затвердевания получается полоса с требуемой шириной и толщиной. Для этого предлагается использовать жидкометаллический теплоноситель (на подобии Na-K или свинцово-висмутового сплава С-13).

Жидкую сталь можно разливать прямотоком и противотоком. Противоточная схема рассмотрена Строгоновым К.В. и Картавцевым С.В. [1]. Причем по расчетам Строгонова К.В. [2], стальной лист, попавший в охлаждаемую среду при температуре $t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ (С-13) начинает интенсивно охлаждаться: через 0,1 с сталь имеет температуру $935\text{ }^{\circ}\text{C}$; через 0,5 с – $340\text{ }^{\circ}\text{C}$; через 1 с – $301\text{ }^{\circ}\text{C}$. Интенсивность охлаждения составляет $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ в секунду.

В отличие от работ К.В. Строгонова, в данной работе будет рассматриваться прямоточная схема разливки жидкой стали, так как разливка жидкой стали на текущий теплоноситель уменьшает риск обрыва полосы. Также следует учесть, что теоретически можно получить температуру теплоносителя, равную $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$, что раскрывает широкие возможности использования этой теплоты.

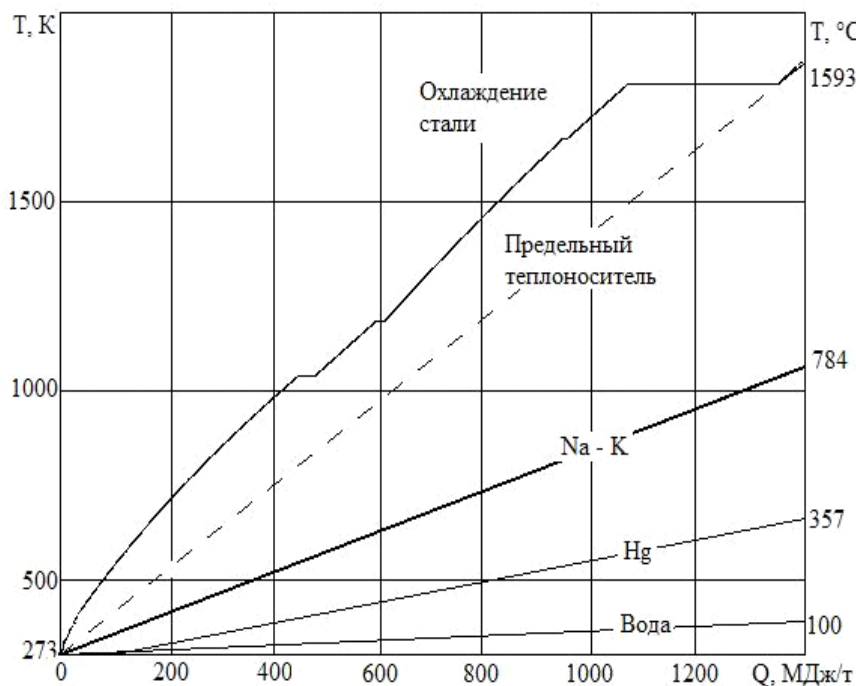


График охлаждения железа и нагрева некоторых теплоносителей

При прямоточной схеме возможна как вертикальная, так и горизонтальная разливка. При вертикальной разливке поток жидкого теплоносителя с двух сторон обтекает жидкую текущую сталь, тем самым обеспечивая эффективное и равномерное затвердевание с двух сторон [3].

Анализ данных показал, что есть генераторы, работающие на свинцово-висмутовом теплоносителе, следовательно, существует возможность полезного использования теплоты жидкой стали. Эти реакторы были установлены на атомных подводных лодках. Рабочие характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рабочие характеристики реакторов

Характеристика	БРЕСТ-ОД-300	СВБР-10	СВБР-75/100
Тепловая мощность, МВт	175	43,3	280
Паропроизводительность, кг/с	370	56	580
Давление пара, МПа	25	4,2	9,2
Температура пара, °С	525	410	400
Температура теплоносителя, °С			
на входе	540	320	345
на выходе	420	480	495

В настоящее время ведутся теоретические и экспериментальные исследования различных способов разливки.

Библиографический список

1. Строгонов К.В., Картацев С.В. Жидкая сталь: использование теплоты и скоростная разливка. Магнитогорск: МГТУ, 2006.
2. Строгонов К.В. Расчет охлаждения непрерывно-литой полосы // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Тез. докл. 3-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: МГТУ, 2002. С. 20.
3. Строгонов К.В. Обоснование выбора схемы энергосбережения непрерывной скоростной разливки // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Тез. докл. 4-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 44.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В ГАЗОВОЙ ТЕПЛОВОЙ ПУШКЕ

*Михайлова В.А., Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Стерхов В.А., Хворенков Д. А.
Ижевский государственный технический университет
tguug@istu.ru*

Газовый нагреватель прямого действия – тепловая пушка предназначена для нагрева воздуха в замкнутом помещении и сушки различных строительных конструкций. Тепловые пушки, работающие на природном газе, получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, включая строительство, благодаря автономности работы, простоте запуска и останова, высокой тепловой производительности и высокому кпд. Тепловые пушки представляют собой устройства, в состав которых входит газовая горелка и воздушный вентилятор, обеспечивающий транспортировку выделяемого тепла.

Тепло, полученное в процессе горения газа за счет конвективной и лучистой составляющей теплообмена, передается движущему воздуху. Часть тепла идет на нагрев корпуса пушки. В стационарном режиме теплопередачи темпе-

ратура корпуса может достигать значительных величин. Задачей расчета теплообменных процессов является оптимизация геометрических, газодинамических и расходных параметров тепловой пушки с целью снижения тепловых потерь.

Высокие требования по безопасности и полноты сгорания газа предъявляются к газовой горелке. В настоящее время накоплен достаточно большой опыт проектирования газовых горелок, применяемых в устройствах различного назначения. Горелка тепловой пушки должна устойчиво работать в спутном воздушном потоке с сохранением рабочей температуры.

Исходя из принятого на практике ряда мощности тепловых пушек, был выполнен расчет конструктивных параметров газовых горелок по схеме, представленной на рис. 1, по методике, предложенной в работе [1].

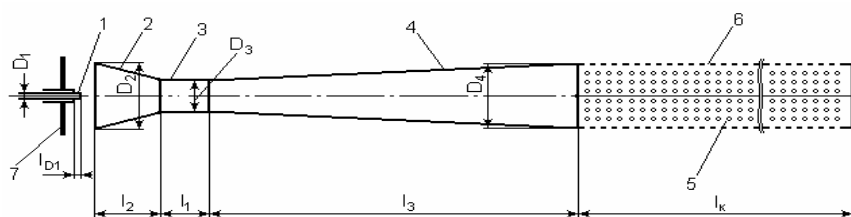


Рис. 1. Расчетная схема горелки

1 – сопло; 2 – конфузор;
3 – горловина; 4 – диффузор;
5 – распределительный коллектор; 6 – огневые отверстия; 7 – воздушно-регулирующая шайба.

Результаты расчетов конструктивных характеристик газовых горелок, работающих на летней пропан-бутановой смеси, представлены в таблице.

Конструктивные характеристики газовых горелок,
работающих на летней пропан-бутановой смеси

Параметр	Мощность газогорелочных устройств, кВт (кДж/ч)				
	10 (36000)	15 (54000)	30 (108000)	50 (180000)	70 (252000)
Расход газа Q_G^h , м ³ /ч (кг/ч)	0,334 (0,810)	0,501 (1,251)	1,003 (2,429)	1,671 (4,049)	2,339 (5,668)
Скорость газа в выходном сечении сопла W_G , м/с	265,866	265,866	265,866	265,866	265,866
Диаметр сопла D_1 , мм	0,74	0,90	1,28	1,65	1,95
Диаметр горловины D_3 , мм	16,33	20,00	28,28	36,51	43,20
Диаметр конфузора D_2 , мм	30,21	37,00	52,32	67,55	79,92
Диаметр диффузора D_4 , мм	26,13	32,00	45,25	58,42	69,12
Длина конфузора l_1 , мм	26,13	32,00	45,25	58,42	69,12
Длина горловины l_2 , мм	57,15	69,99	98,99	127,79	151,20
Длина диффузора l_3 , мм	80,09	98,09	138,72	179,09	211,90
Число отверстий $N_{омв}$, шт., при диаметре $d_{омв}$: - 0,8 мм	1066	1600	3199	5332	7465
- 1,0 мм	683	1024	2048	3413	4778
- 1,5 мм	303	455	910	1517	2123
- 2,0 мм	171	256	512	853	1194

В результате анализа воздушных дозвуковых потоков, распространяющихся в осесимметричных каналах, были разработаны компоновочные схемы вза-

имного размещения газовой горелки, и вентилятора. Предложены схемы воздушного тракта с использованием тепловых экранов, образующих вместе с корпусом пушки кольцевой канал, обеспечивающий вторичный поток холодного атмосферного воздуха. Вторичный поток, поступающий в кольцевой канал, позволяет снизить рабочую температуру корпуса тепловой пушки.

Для численного моделирования газодинамических и теплообменных процессов в тепловой пушке была разработана математическая модель газоз воздушного тракта, позволяющая варьировать компоновочные схемы и геометрические параметры трактов, а также расходные характеристики газа и воздуха.

Течение в трубе и теплообмен описывались системой уравнений, включающей уравнения Навье-Стокса в трехмерной постановке. В процессе теплообмена в тепловой пушке лучистая составляющая является преобладающей. С учетом условий взаимодействия воздушного потока и газового пламени была выбрана диффузионная модель излучения, описанная в работе [2]. Так как на практике основное положение тепловой пушки является горизонтальным, то расчет проводился с учетом действия гравитационных сил.

Решалась сопряженная задача теплообмена с излучением газа в объеме. Геометрическая модель рассматриваемого объема состоит из двух расчетных областей (рис. 2) – газового пространства 1 и стальной пластины 2, сопряженных по общим границам.

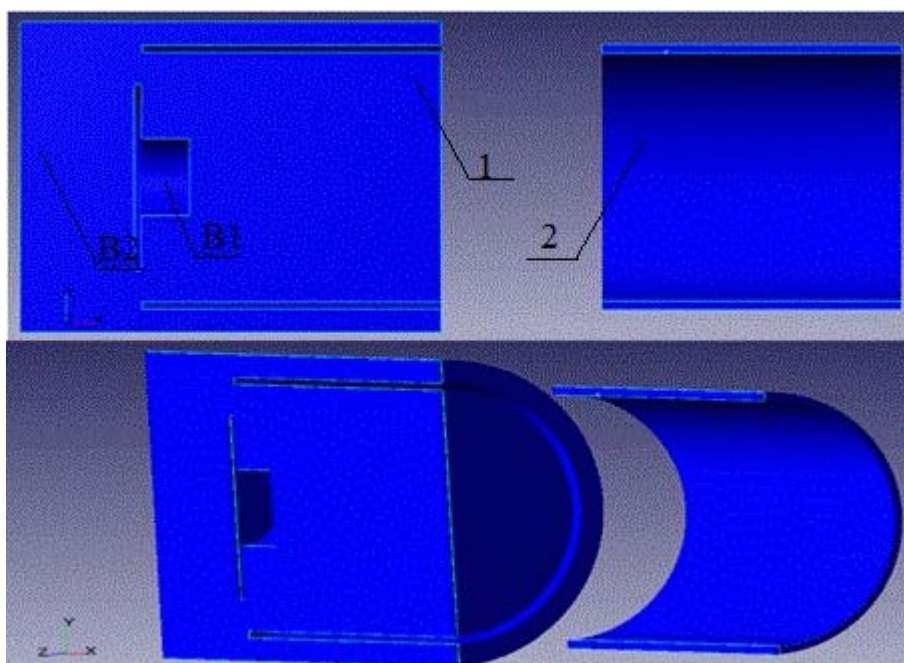


Рис. 2. Расчетные области тепловой пушки.

B1 – вход холодного воздуха, поступающего от вентилятора;

B2 – вход горячих продуктов сгорания в расчетную область.

В результате расчета были определены поля скоростей и поля температур в расчетных областях газо-воздушного тракта тепловой пушки. Выполнен тем-

пературный расчет воздушной струи, распространяющейся за пределами пушки. Результаты расчетов позволяют выбирать геометрическую схему газозвоздушного тракта, расходы газа и воздуха, обеспечивающие заданные параметры по выделяемой тепловой мощности и заданное распределение тепла за пределами тепловой пушки исходя из ее назначения и условий эксплуатации.

Библиографический список

1. Стаскевич Н. Л., Северинец Г. Н., Вигдорчик Д. Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
2. Четвертушкин Б.Н. Математическое моделирование задач динамики излучающего газа. М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1985. 304 с.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТА СИНТЕЗ-ГАЗА ОТ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Мракин А.Н., Николаев Ю.Е.

*Саратовский государственный технический университет,
anton1987.87@mail.ru*

Синтез-газ, вырабатываемый на энерготехнологических установках (ЭТУ) с парокислородной газификацией угольной пыли [1], может транспортироваться для замещения твердых топлив и природного газа в топливоиспользующих установках промышленных и коммунально-бытовых потребителей и для улучшения экологической обстановки урбанизированных территорий. Схема такого газоснабжения показана на рис. 1.

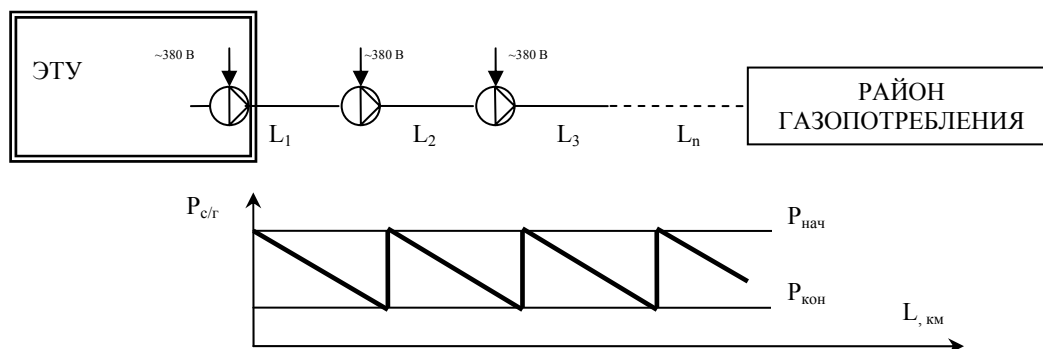


Рис. 1. Расчетная схема газоснабжения потребителей

При потреблении 2,338 млн. т угля в год ЭТУ вырабатывает $G_{сг} = 5924,34$ млн m^3 синтез-газа. Для передачи газа потребителям может быть использован надземный однопоточный газопровод из трубы 1392x14 мм, обеспечивающий допустимую скорость 25 м/с. Давление синтез-газа в конце магистрального участка, подаваемого на ГРП потребителей, принято равным 0,3 МПа. На основании проведенных гидравлических расчетов линейной части магистрального газопровода синтез-газа с использованием [2, 3] удельное падение давления составило 20 Па/м, коэффициент гидравлического трения 0,018 (среднее давление

в газопроводе 0,53 МПа). На промежуточных компрессорных станциях используются турбокомпрессоры с электроприводом и промежуточным охлаждением газа. Конечное давление после компрессора выбирается из возможности использования синтез-газа в газотурбинной установке непосредственно на ЭТУ и составляет 0,75 МПа.

Для экономической оценки дальности газоснабжения от ЭТУ выразим стоимость синтез-газа на границе района газопотребления, руб./ГДж:

$$C_{сз} = \left(1 + \frac{r}{1-n}\right) \cdot \frac{\psi_{сз} \cdot Z_t \cdot 10^6}{G_{сз} \cdot (Q_n^p)^{сз}}, \quad (1)$$

где r – рентабельность производства; n – коэффициент, учитывающий налоговые отчисления; $\psi_{сз}$ – доля эксергии синтез-газа в суммарной эксергии отпущаемых продуктов; Z_t – годовые производственные затраты на ЭТУ, включающие затраты на топливо, электроэнергию, ремонтные работы, амортизацию основного оборудования, заработную плату персоналу и прочие виды расходов, руб./год; $G_{сз}$ – выработка синтез-газа, м³/год; $(Q_n^p)^{сз}$ – низшая теплота сгорания синтез-газа; кДж/м³.

За базовый в расчетах принят 2011 г. и соответствующие технико-экономические показатели на уровне: $r = 0,15$; $n = 0,20$; $\psi_{сз} = 0,96587$; и $(Q_n^p)^{сз} = 10268$ кДж/м³; время работы установки 7500 ч/год. Величина Z_t является переменной в зависимости от удаления потребителя от ЭТУ и оказывает непосредственное влияние на стоимость синтез-газа. Стоимость природного газа в Сибирском регионе приближается к отметке 100 руб./ГДж. Однако, приведенная стоимость соответствует существующей газотранспортной инфраструктуре, при этом стоимость технологического подключения можно оценить дополнительными капиталовложениями в размере до 18 % стоимости природного газа.

Основное влияние на годовые затраты оказывают капиталовложения. Методика оценки капиталовложений в основное технологическое оборудование ЭТУ представлена в [1]. Капиталовложения в систему транспорта газа изменяются в зависимости от протяженности газопровода и оценены по следующим составляющим:

- 1) электроприводные компрессоры с удельной стоимостью 540 руб./кВт;
- 2) трубопроводы – 45 млн руб./км;
- 3) вспомогательное и неучтенное оборудование – 40 % стоимости п. 1-2.

Итоговые капиталовложения составляют 18852,127 млн руб. при дальности газоснабжения 22,5 км, 21232,968 – при 45 км и 23613,869 при 67,5 км. В табл. 1 представлены результаты расчета затрат при различной дальности транспорта синтез-газа. При этом стоимость угля составляет 1 руб./кг, тариф на электроэнергию, покупаемую с ОРЭМ – 0,71 руб./кВт·ч; ремонтные отчисления – 8 %; амортизационные отчисления – 3,3 %, прочие виды расходов – 2,5 %; коэффициент отчислений в социальное страхование – 27 %; штатный коэффициент – 2 чел./(т/ч) [4]; годовой фонд заработной платы – 180 тыс. руб./чел.·год.

Таблица 1

Структура затрат при функционировании ЭТУ

Ежегодные затраты, млн. руб.	Расстояние газоснабжения, км		
	22,5	45,0	67,5
топливо	2338,000	2338,000	2338,000
электроэнергия	—	497,020	994,041
ремонт	1508,170	1698,637	1889,109
амортизация	622,121	700,688	779,257
зарплата	142,526	142,526	142,526
прочие	471,303	530,824	590,347

Результаты вариантных расчетов по стоимости энергоносителей, в зависимости от удаления потребителя представлены на рис. 2.

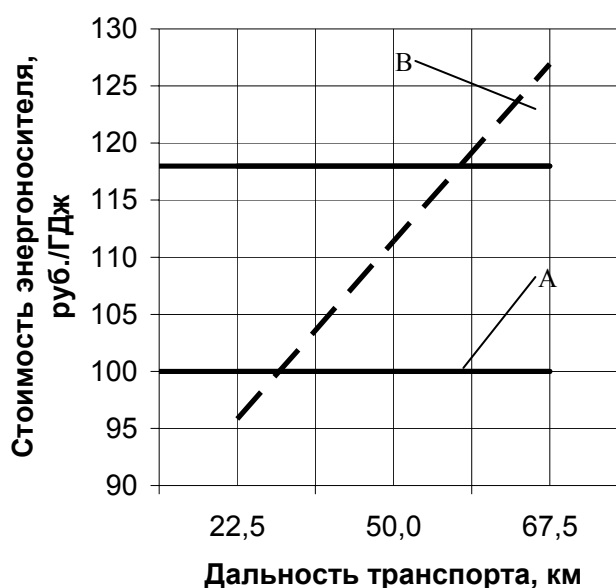


Рис. 2. Стоимость энергоносителей: А – природный газ (нижняя линия – сегодняшняя цена, верхняя – с учетом платы за технологическое подключение и возможное дальнейшее удорожание); В – синтез-газ.

Из анализа рис. 2 можно сделать вывод, что в современных экономических условиях вырабатываемый синтез-газ может передаваться на расстояние до 27 км, но с учетом инвестиционных составляющих в газопроводы природного газа может возрасти до 56-58 км. Следовательно, предлагаемая технология газоснабжения потребителей может быть конкурентоспособной по сравнению с природным газом.

Библиографический список

1. Николаев Ю.Е., Чертыков А.М., Мракин А.Н. Выбор направления рационального использования синтез-газа, получаемого при газификации угля // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2011. № 3-4. С. 33-40.
2. Антропов П.Г., Ларин Е.А., Захаров В.Н. Режимы работы магистральных газопроводов. – Петровск: Изд-во учебно-курсового комбината ООО «Югтрансгаз», 2001. – 44 с.
3. Справочник по проектированию магистральных трубопроводов / Под ред. А.К. Дерцакяна. – Л.: Недра, 1977. – 519 с.
4. Ларионов В.С., Ноздренко Г.В., Щинников П.А. и др. Техничко-экономическая эффективность энергоблоков ТЭС: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. – 31 с.

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ КОНДЕНСАЦИОННЫХ КОТЛОВ

*Мухамадеева Л.Т., Осипова Д.Н.,
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Газовые конденсационные котлы приобретают все большую популярность в России, это происходит благодаря многим преимуществам, которые отличают данный вид отопительного оборудования.

Конденсационные котлы оснащены уникальными горелками, спроектированными и изготовленными благодаря интенсивному развитию высоких технологий. Подобная горелка обеспечивает оптимальный состав топливно-воздушной смеси, гарантируя не только лучшее сгорание газа, но и снижая объемы вредных продуктов. Принцип работы конденсационных котлов состоит в том, что используется энергия продуктов сгорания. При сжигании газа в котле образуется пар, обладающий некоторым запасом энергии, этот пар отводится в специальный контур, где он повторно обрабатывается, давая дополнительное тепло. При этом продукты сгорания охлаждаются ниже температуры точки росы (для этих условий $\sim 55^\circ\text{C}$), при которой начинается конденсация воды. Освобождающаяся в процессе скрытая теплота также передается циркулирующему теплоносителю. Благодаря такой конструкции конденсационные котлы обладают значительно большим КПД (превосходящим 100 %), по сравнению с обычными газовыми котлами. На сегодняшний день конденсационные котлы могут стать основой для любой системы водяного отопления. Котлы, основанные на этом принципе, оснащены всем необходимым для эффективной работы и обеспечения должного современного комфорта.

Конденсационные котлы позволяют экономить до 30 % газа, а также уменьшить объем выхода угарного газа. Это обстоятельство и обуславливает популярность такой техники в мире. Так, например, в Голландии 99 % настенных котлов — конденсационные, при этом доля напольных конденсационных котлов здесь приближается к 70 %, в Германии — к 50 %.

Основным отличием таких котлов от традиционных является способность отбирать из продуктов сгорания так называемую «скрытую» теплоту конденсации водяных паров. Использование этой теплоты повышает КПД котла, позволяет снизить расход топлива до 35 %.

Благодаря сокращенному потреблению газа конденсационные котлы становятся наиболее выгодным решением для потребителя и в настоящее время являются наиболее экономичными установками по сравнению с традиционными. Современные конденсационные котлы особенно эффективны в низкотемпературных системах.

Сдерживающим фактором для применения конденсационных котлов является высокая цена, по сравнению с традиционными котлами. Однако экономия эксплуатационных затрат за счет снижения потребления топлива (до 35 %) в некоторых случаях может быть сопряжено с увеличением срока окупаемости.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ВАКУУМ-ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Мухаметзянов Ш.Р., Сафин Р.Р.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
joker775.87@mail.ru*

Одним из основных технологических процессов, оказывающих влияние на качество, себестоимость продукции и продолжительность производственного цикла на деревообрабатывающих предприятиях является сушка древесины. Современные тенденции совершенствования сушильного оборудования носят в последнее время не только эволюционный характер, направленный на улучшение характеристик действующего комплекса, но и революционный, принципиальным образом устраняющий недостатки существующих технологий. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что вакуумно-осциллирующий способ обезвоживания продуктов позволяет вести высокоинтенсивный процесс сушки при невысокой температуре среды и при сохранении всех природных свойств материала.

Особенностью разработанной сушильной камеры (рисунок) является конденсационная установка (тепловой насос), позволяющая осуществлять нагрев материалов в одной камере за счет тепла, отведенного из другой камеры на стадии вакуумирования, что позволяет существенно снизить энергозатраты на процесс сушки продуктов и отказаться от использования массивных емкостей для испарительного охлаждения хладагента конденсатора.

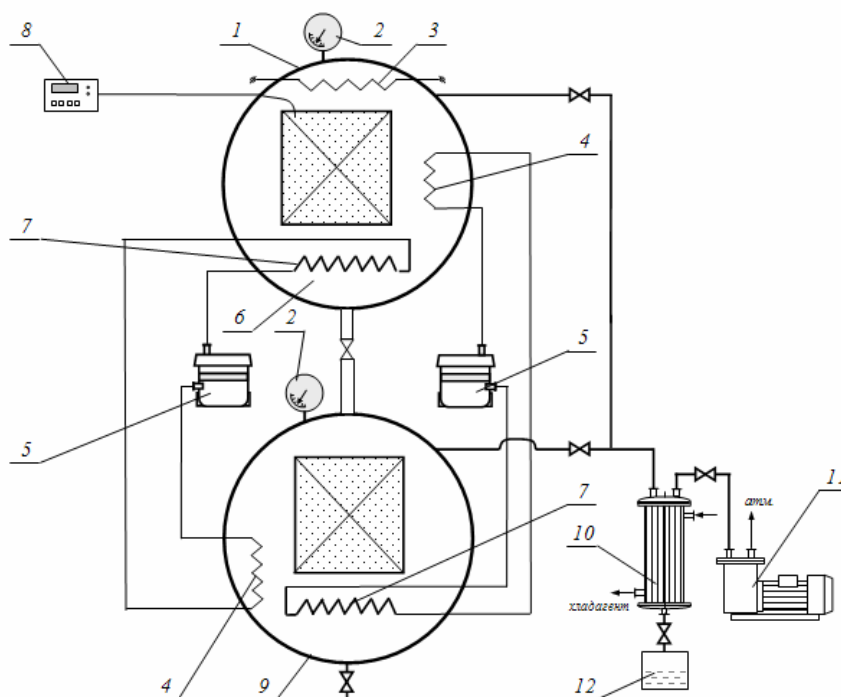
Сушильный комплекс включает два герметичных корпуса 1 и 9, с установленными внутри каждого из них калориферами 3, 7, конденсатором 10, вакуум-насосом 11, конденсационным оборудованием, включающим два компрессора 5.

На процесс передачи тепловой энергии из одной камеры в другую с помощью конденсационного оборудования затрачивается меньшее количество энергии, чем величина передаваемой энергии, поэтому процесс прогрева материалов протекает при меньших энергозатратах. Так, на передачу тепловой энергии в 2,5 кВт·ч из одной камеры в другую конденсационным оборудованием затрачивается 0,8 кВт·ч. Кроме того, установка конденсационного оборудования позволяет избежать дополнительных затрат на охлаждение хладагента для конденсатора.

В качестве образца для исследования вакуумно-осциллирующей сушки на разработанной установке была выбрана древесная опилка и щепа.

Сушку материалов проводили вакуумно-кондуктивным способом в осциллирующем режиме и при стационарном вакууме. При этом в качестве нагревательных элементов использовалась плита специальной конструкции, представляющая собой металлическую пластину с установленными в ней змеевиковыми нагревателями. После загрузки высушиваемого материала 13 (см. рисунок) в первую камеру 1 начинается стадия прогрева, для этого предварительно производится откачка инертного газа (воздуха) из рабочей полости аппарата. Одновременно включается калорифер 3. После завершения стадии прогрева продук-

та в камере 1 включением конденсатора 6 начинается стадия вакуумирования. Для этого в работу включается компрессор 10, который производит сжатие паров хладагента до заданного состояния и нагнетает сжатый (а, значит, нагретый) хладагент в калорифер 4 другой камеры, где производится конденсация его паров, вследствие передачи тепла в камеру сушки. Далее остывший хладагент проходит через дроссельный клапан, где адиабатически расширяется и приобретает температуру, соответствующую давлению испарения.



Структурная схема вакуумно-осциллирующей суши:

1 – верхняя камера; 2 – манометр; 3 – электронагреватель; 4 – испаритель;
5 – компрессор; 6 – материал; 7 – нагревательный элемент (конденсатор); 8 – датчик температуры; 9 – нижняя камера; 10 – конденсатор; 11 – вакуумный насос; 12 – емкость

После чего жидкий хладагент испаряется при постоянной температуре в испарителе первой камеры, отнимая из нее тепловую энергию.

Таким образом, начинается стадия вакуумирования и удаление влаги из материала, а во второй камере при этом начинается стадия прогрева, за счет тепла, отведенного из первой камеры.

Конденсационное оборудование, установленное на установке по вакуумно-осциллирующей сушке, представляет собой две паровые холодильные компрессионные машины, испаритель и конденсатор которые помещены в камеры. Нагревательным элементом для кондуктивной сушки является конденсатор холодильной машины, который, конденсируя хладагент, отдает тепло окружающей среде – камере. Из рисунка можно увидеть, что для первой холодильной машины испаритель 4 помещен в нижнюю камеру 9, а конденсатор 7 помещен в верхнюю 1; для второй холодильной машины испаритель 4 помещен в верхнюю камеру 1, конденсатор 7 – в нижнюю 9.

Сушильный процесс производился при различных режимах давления: нагревом в вакууме, нагревом при атмосферном давлении, а также чередование нагрева и вакуума.

Из получившихся зависимостей можно сделать вывод, что при классической атмосферной кондуктивной и осциллирующих режимах сушки измельченной древесины (щепы) в камере влажность на 5-10 % выше, чем при методах пониженного давления. Нагрев проходит в стационарном пониженном давлении ($p_{\text{ост}}=30$ кПа) попеременно, то есть нагрев верхней и нижней камеры сменяется каждый час за цикл (4 часа). Это говорит о том, что при кондуктивном способе вакуумной сушки измельченной древесины наиболее эффективными являются стационарные режимы при пониженном давлении.

Полученные результаты обработки экспериментальных данных по опытно-исследовательским процессам сушки позволили расширить границы эксперимента для дальнейшего изучения режимов процесса и выбора экономичного и эффективного варианта работы при вакуумных режимах на сушильном оборудовании.

Библиографический список

1. Сафин Р.Р. Вакуумно-конвективная сушка: монография / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов. Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2009. 264 с.
2. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Сафин Р.Г., Кайнов П.А. Новые подходы к совершенствованию вакуумно-конвективных технологий сушки древесины // Деревообрабатывающая промышленность. 2005. № 5. С. 16-19.
3. Установка для сушки древесины: Заявка № 2007111612/20(016616) Рос. Федерация от 14.03.2007 / Сафин Р.Р., Галяветдинов Н.Р., Хасаншин Р.Р. и др.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА

*Неволин А.М., Плотников П.Н.
УрФУ, alexandr_nevolin@mail.ru*

Данная работа посвящена выравниваю поля скоростей воздуха на фронте трубного пучка теплообменника воздушного охлаждения.

В качестве объекта исследования был выбран аппарат воздушного охлаждения масла (АВОм) венгерского производства (рис. 1). Данный теплообменник широко используется для охлаждения масла-смазки газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов.

Трубный пучок данного АВОм расположен горизонтально на всасывающей стороне вентиляторов. Охлаждаемое масло проходит внутри труб теплообменника, воздух просасывается снаружи через густое оребрение. Особенностью АВОм является поступление воздуха с боков теплообменника через систему жалюзи. Таким образом, перед входом в оребрение воздух совершает поворот на 90°, вследствие чего поток распределяется по фронту оребрения неравномерно, т.е. часть оребренной поверхности может работать неэффективно.

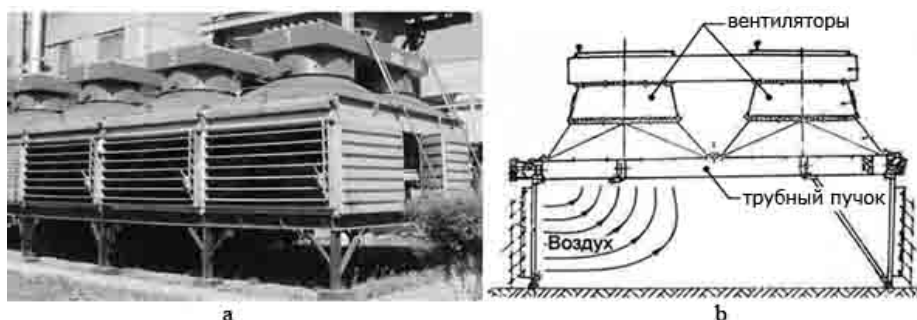


Рис. 1. АВОм:
а) – группа из
нескольких секций,
б) – секция АВОм

По данным эксплуатации, теплообменник перестает справляться со своей задачей в наиболее жаркие дни летних месяцев, несмотря на то, что по данным техпаспорта аппарат рассчитан на температуру воздуха $+40^{\circ}\text{C}$. Одной из возможных причин недостаточной эффективности работы АВОм может являться неравномерность подвода воздуха к трубному пучку.

Для выявления неравномерности подвода охлаждающего воздуха проведены экспериментальное и численное исследования.

Симметричность секции АВОм относительно продольной и поперечной позволила рассматривать только четверть фронта оребрения. Численное решение было проведено с помощью программы STAR-CCM+. В эксперименте скорость потока измерялась термоанемометром.

Результаты моделирования показали достаточно большую неравномерность потока на фронте (рис. 2).



Рис. 2. Результаты расчета аэродинамики четверти секции АВО. Распределение скоростей воздуха на фронте оребрения: а) поле скоростей, б) соотношение площадей, занимаемых зонами ядра, средних скоростей и периферии потока

На входе в оребрение поток разделяется на ярко-выраженное ядро, зону со средними скоростями и периферию (рис. 2). Разделение скоростей по зонам основано на условии, что ядро потока и периферия занимают по 20 % от диапазона изменения скорости. Скорость на фронте оребрения изменяется в диапазоне от 0,4-3,2 м/с. В ядре потока, занимающем 45 % от фронтальной площади оребрения, скорость изменяется от 2,6 до 3,2 м/с, достигая своего максимума в области оси вентилятора. В зоне средних скоростей, занимающей 54 % фронта, значения скоростей при удалении от центра ТОС продолжают плавно снижаться до 1,0 м/с. В зоне периферии потока, занимающей 1,5 % от фронта оребрения, скорость воздуха изменяется в пределах 0,4-1,0 м/с, снижаясь до минимальных значений на границах теплообменной секции.

Эксперимент подтвердил результаты моделирования. Расхождение экспериментальных данных и данных полученных моделированием в среднем составило 15 %.

Значительная неравномерность скорости входа воздуха в ТОС выявила необходимость доработки конструкции теплообменника. Возможным путем решения проблемы является вставка в раму АВОм специального направляющего аппарата (НА), организующего равномерный подвод потока воздуха к оребрению. Разработка оптимальной геометрии направляющих проводилась на модельном уровне и имела цель максимально выровнять поле скоростей воздуха на фронте оребрения при помощи наиболее простой конструкции НА. В результате серии моделирований была предложена геометрия НА, состоящая из пяти направляющих, изогнутых по ходу движения воздуха, разбивающих ядро потока на несколько составляющих, и одной наклонной перегородки, оттесняющей часть потока на периферию оребрения (рис. 3).

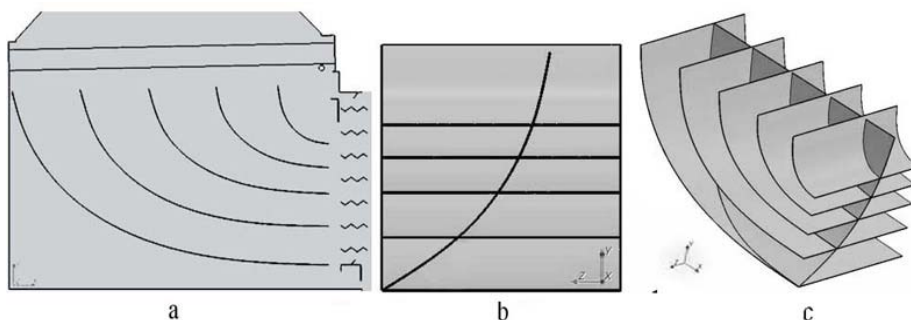


Рис. 3. Направляющий аппарат: а) вид сбоку, б) наклонная перегородка (вид со стороны жалюзи и изометрия)

В результате такой модернизации АВОм картина распределения скорости по фронту оребрения была заметно улучшена: ядро потока было разбито на несколько составляющих, суммарная площадь зоны ядра уменьшилась с 45 до 23 % от площади оребрения, зона средних скоростей увеличилась с 54 до 75 %, минимальная скорость потока увеличилась с 0,4 м/с до 0,8 м/с (рис. 4).

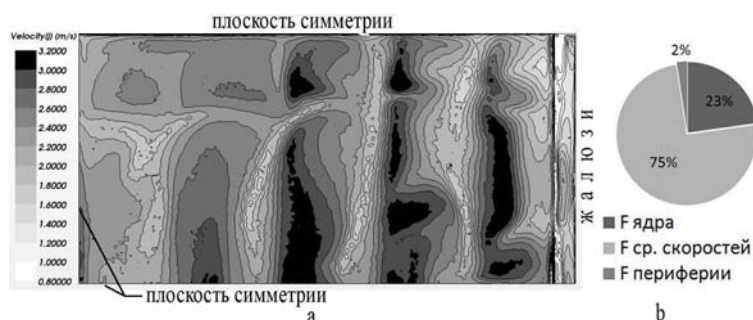


Рис. 4. Результаты расчета аэродинамики четверти секции АВО с НА. Распределение скоростей воздуха на фронте оребрения: а) поле скоростей, б) соотношение площадей, занимаемых зонами ядра, средних скоростей и периферии потока

Положительный эффект (выравнивание поля скоростей потока), достигнутый вставкой направляющего аппарата, на основании тесной взаимосвязи аэродинамики и теплообмена, позволяет прогнозировать повышение эффективности теплообменника в целом.

Предварительную оценку влияния измененной конструкции на теплосъем АВОм позволит получить сопряженное моделирование аэродинамики и теплообмена, на что и направлена дальнейшая работа с моделью.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ В ЗАДАЧАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Нелюбин И.С., Демин А.С., Бартоломей П.И., Котов О.М.
УрФУ, admin@daes.ustu.ru*

Проблема рационального использования энергоносителей в нынешней ситуации энергетического дефицита стала еще более актуальной не только для России, но и для всех развитых стран мира. Развитие конкурентных отношений в электроэнергетике и участившиеся в мире крупные системные аварии повышают значимость фактора надежности для энергосистем и энергообъединений. Основные проблемы при обеспечении надежности электроснабжения возникают при появлении в энергосистеме дефицитных районов.

Для задач эффективного управления развитием и эксплуатацией электрических сетей все более востребованными становятся расчеты структурной и режимной надежности. Существующие методы анализа структурной надежности имеют недостатки, значительно снижающие эффективность их использования из-за допущения о неограниченной пропускной способности линии. В свою очередь, область применения моделей анализа режимной надежности сокращается в связи с большим временем расчетов электрических режимов из-за необходимости оценки режима сети на каждое отключение ее элемента.

В данном докладе описывается методика анализа структурной надежности электрических сетей, с одной стороны, использующая высокоэффективный алгоритм учета частичных отказов в сети [1, 2], и, с другой стороны, в ней устранена проблема большого времени расчета [3-5]. Данная методика включает в себя три этапа: 1) прямой ход (свертка схемы до несворачиваемого эквивалента); 2) расчет показателей надежности; 3) развертка схемы до первоначального состояния.

Первый раз оценка режима выполняется для исходной схемы электрической сети. Результаты этого расчета используются в процедуре свертки схемы. Последующие расчеты режима выполняются циклическим образом по минимальным сечениям полученного эквивалента сети. После нахождения минимального сечения производится расчет режима электрической сети и осуществляется контроль перетоков мощности или токов в элементах сечения. Контролируемый параметр может являться как током термической стойкости, так и любым другим режимным ограничением. В случае превышения потока по сечению рассчитывается годовой недоотпуск электроэнергии по каждому узлу, отделенному от источников данным сечением. Для этого превышение потока распределяется между нагрузочными узлами. Это распределение можно выполнять разными способами, например, пропорционально мощности узла, либо с учетом категории надежности потребителей. Полученная величина ограничения мощности накапливается в рассматриваемом узле с весовым коэффициентом, равным вероятности работоспособного состояния данного сечения. Далее, для выбранного минимального сечения выполняется цикл по отключению входящих в него элементов. На каждом цикле производится расчет потокораспре-

деления. По результатам этого расчета контролируется превышение потока по неотключенным элементам сечения и его распределение по нагрузочным узлам. Если в одной из линий сечения обнаруживается превышение потока, то для всех узлов, отделенных данным сечением, к ранее сохраненной величине ожидаемого недоотпуска электроэнергии добавляется идентифицированная величина ограничения нагрузки с учетом вероятности состояния отказа отключенного элемента сечения. После перебора всех сочетаний отключений элементов в данном сечении выполняется аналогичная обработка следующего сечения.

В общем случае ожидаемый недоотпуск электроэнергии узла находится в соответствии со следующим выражением:

$$W_i = \Delta S_c \cdot q_c \cdot k_i ,$$

где ΔS – превышение перетока по сечению, либо по элементам сечения; q_i – вероятность события, приводящего к превышению перетока; $k_i = S_i / S_\Sigma$ – доля узла i в распределении недоотпущенной энергии; S_Σ – суммарная мощность нагрузки; S_i – мощность узла i .

Поскольку при обработке несворачиваемого эквивалента требуется произвести многократный расчет режима, необходимо использовать метод, позволяющий получить решение за минимально возможное время. Традиционные методы решения систем линейных уравнений (СЛУ) требуют большого количества машинного времени. На кафедре «Автоматизированные электрические системы» УрФУ был разработан алгоритм экспресс-оценки потокораспределения при коммутациях в электрической сети [3, 4], основанный на методе Вудбери и учитывающий разреженность матрицы проводимостей. Задачей настоящего исследования явилась адаптация ускоренных методов расчета режима в задаче оценки структурной надежности ЭЭС.

Для пояснения сути предложенного алгоритма рассмотрим вещественную систему линейных уравнений, соответствующую модели постоянного тока. Расчет режима производится через разложение матрицы проводимостей Y на треугольные сомножители L и M :

$$L^0 M^0 U^0 = I^0 ,$$

где I^0 – вектор узловых токов исходного режима; U^0 – вектор напряжений базового режима, L и M , соответственно, нижняя и верхняя треугольные матрицы. Основное время при решении СЛУ уходит на формирование этих матриц. Предложенный алгоритм не требует нахождения матриц L и M после каждой коммутации в электрической сети, а использует матрицы, полученные при расчете исходного режима.

Возможность повторного использования треугольных матриц L и M обусловлена тем фактом, что при коммутации одного из элементов сети в исходной матрице Y изменяются лишь два ненулевых столбца и две строки. За счет этого расчет электрического режима сети после коммутации сводится к решению системы, состоящей всего из двух уравнений, что приводит к значительному снижению объема вычислений и, как следствие, сокращению требуемого машинного времени. В таблице в графе «относительная эффективность» показано во сколько раз происходит сокращение объема вычислений в зависимости от

размерности задачи (количества узлов в сети). Здесь объем вычислений выражен через эквивалентное число арифметических сложений [6]. Полученные данные учитывают слабую заполненность матрицы проводимостей, что приближено к реальной электротехнической задаче.

Количество узлов, n	10	100	500	1000
Объем вычислений методом Гаусса	$84 \cdot 10^3$	$35 \cdot 10^8$	$105 \cdot 10^{11}$	$35 \cdot 10^{14}$
Объем вычислений методом экспресс-оценки потокораспределения	$57 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^8$	$0,7 \cdot 10^{11}$	$0,015 \cdot 10^{14}$
Относительная эффективность	1,46	23	150	233

Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что предложенная методика оценки структурной надежности электрической сети является высокоэффективным инструментом в задаче управления развитием и эксплуатацией электрических сетей для выявления энергоэффективных мероприятий.

Библиографический список

1. Арзамасцев Д.А., Обоскалов В.П. Расчет показателей структурной надежности энергосистем: Учебное пособие. Свердловск: УПИ им. С.М. Кирова, 1986. 80 с.
2. Демин А.С., Котов О.М., Анализ структурной надежности электрической сети с учетом оценки потокораспределения // Электроэнергетика глазами молодежи: науч. труды междунар. науч. техн. конф.: сборник статей. В 3 т. Самара: СамГТУ, 2011.
3. Алгоритм и программа оперативной оценки возможности отключения элементов основных сетей и межсистемных связей / И.Л. Кирпикова, А.И. Кулешов, А.В. Липес, В.Г. Неуймин // Советчики диспетчера по оперативной коррекции режимов работы ЭЭС. Иркутск: АН СССР, СЭИ, 1984.
4. Аюев Б.И., Бартоломей П.И. Расчеты установившихся режимов в задачах оперативного и автоматического управления ЭЭС: Учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ, 1999. 33 с.
5. Бартоломей П.И., Демин А.С., Котов О.М., Нелюбин И.С. Экспресс-расчёты установившихся режимов электрической системы для оценки структурной надежности // Управление, информация и оптимизация в электро-энергетических системах: Сборник докладов Междунар. молодежн. науч.-техн. конф.. Новосибирск: НГТУ, 2011.
6. Воеводин В.В. Численные методы алгебры. Теория и алгоритмы. М., 1996. 248 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЭВОЛЬВЕТНЫХ ФОРСУНОК СКРУББЕРА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Николенко А.Н., Горбунов В.А.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

E-mail: tevp@tvp.ispu.ru

Скруббер является уникальным нестандартным оборудованием, предназначенным для очистки колошникового газа, опасного для жизни человека. Вместе с тем он является энергоемким оборудованием, требующим значительных затрат воды и энергии. При проведении физического эксперимента по исследованию скруббера возникают трудности, так как

газовая очистка доменной печи работает непрерывно. Методы неразрушающего контроля применительно к скрубберу не всегда можно использовать.

Целью моделирования эвольвентных форсунок является: определить области перекрытия факелами воды, образованными эвольвентными форсунками, канала прохождения доменного газа внутри скруббера в зависимости от расхода воды на орошение.

В качестве программного комплекса для моделирования работы форсуночного скруббера выбран пакет ANSYS.

Скруббер изготовлен на Иркутском заводе тяжелого машиностроения и предназначен для очистки доменного газа от частиц пыли. Степень очистки газа во многом зависит от степени перекрытия факелами капель воды, образованными эвольвентными форсунками, канала прохождения колошникового газа внутри скруббера. Эвольвентные форсунки установлены в три яруса, расстояние между которыми 4,2 м, расстояние от зеркала воды до нижнего яруса – 16,8 м. В верхнем ярусе факелы форсунок направлены вверх, а во втором и в третьем – вниз. Диаметр отверстия эвольвентной форсунки составляет 62,5 мм. Целью исследования является получение расходной характеристики эвольвентной форсунки, зависимости диаметра факела разбрызгивания от расхода воды. Для определения влияния факелов воды при взаимодействии факелов разных ярусов между собой находим координаты точки максимальной ширины факела по высоте скруббера.

Мы исследовали эвольвентные форсунки, направленные вверх и вниз. Для моделирования работы эвольвентных форсунок выбрана область с размерами $2,12 \times 2,12 \times 2,12$ м. В нижнюю часть этой области поступает воздух с параметрами: давление 101325 Па; температура 138 °С; скорость 1,65 м/с (расход газа 105,13 м³/с). Температура и скорость выбирались из эксперимента как средние для условий работы скруббера Ø9000 Иркутского завода тяжелого машиностроения после доменной печи № 4 ОАО «Северсталь». Расход воды через форсунку варьировался от 0 до 0,0278 м³/с. Максимальный размер факела разбрызгивания по сечению скруббера определялся в соответствии с полем модуля скорости газа и воды, падающей под действием силы тяжести вниз. Предполагается, что капли воды захватывают твердые частицы пыли и коагулируют.

В системе автоматизированного проектирования SolidWorks создается геометрическая модель форсунки, которая помещается в куб размером $2,12 \times 2,12 \times 2,12$ м. Размеры куба выбираются из чертежа скруббера с учетом влияния рядом стоящих форсунок друг на друга. Затем производится ее импортирование в программный комплекс ANSYS. Далее задается математическая модель движения воды и газа как несжимаемая жидкость. Модель несжимаемой жидкости включает: уравнения Навье-Стокса (закон сохранения импульса), уравнение неразрывности (закон сохранения массы жидкости); закон сохранения энергии; уравнение диффузионного переноса скалярной величины (закон сохранения массы) и уравнения k-ε модели турбулентности.

Затем задаются и расставляются граничные условия. На входе воды задаются температура и нормальная скорость, на выходе из форсунки с внутренней стороны тип границы «свободный выход», с наружной стороны – выход воды.

Форсунка помещена в тонкостенный куб, через который снизу вверх проходит поток газа. На входе газа задаются температура и нормальная скорость, на выходе – тип границы «свободный выход». Далее вводятся параметры метода расчета и метода численного моделирования. После чего генерируется расчетная сетка.

На основе экспериментальных данных можно оценить влияние степени перекрытия факелами воды канала скруббера и расхода воды на удельную запыленность доменного газа. Во время проведения эксперимента на ОАО «Северсталь» давление доменного газа в скруббере для экспериментов № 1–13 составляло 280 кПа, а для экспериментов № 14–32 – 290 кПа. Уровень воды в скруббере поддерживался постоянным 7,4 м.

Вывод. В результате исследования работы скруббера с помощью программного комплекса ANSYS на основе данных экспериментов ОАО «Северсталь» можно сократить расход воды на орошение скруббера без ущерба для газовой очистки. Конструкцию форсунки необходимо выполнить такой, чтобы капли воды были более мелкие, так как от этого зависит эффективность очистки доменного газа.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ (ЦОД)

Носков И.Ю.

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

Последние двадцать лет, во всем мире активно развивается одна из ветвей сектора информационных технологий, а именно строительство и эксплуатация центров обработки данных (ЦОД). Без стабильно работающих ЦОД невозможна работа телекоммуникационного и информационного сектора экономики. Быстрая обработка и передача данных – факторов, определяющий инновационный характер развития страны. Однако современные ЦОД являются очень энергоёмкими структурами. Затраты на энергию ЦОД складываются не только из энергопотребления установленного в нём вычислительного и телекоммуникационного оборудования. Большую долю в энергопотреблении ЦОД занимают затраты на создание и поддержание требуемых заданных условий воздушной среды помещения ЦОД, т.е. на системы кондиционирования. Но повсеместно производители вычислительного и телекоммуникационного оборудования ищут возможности снижения объемов потребляемых энергоресурсов.

Вот неполные, но наиболее эффективные способы снижения энергозатрат на содержание ЦОД, каждой из них дана краткая характеристика.

- Повышение качества теплоизоляции и влагоизоляции ЦОД. Использование современных материалов позволит защитить ЦОД от влияния внешнего тепла летом;
- Применение эффективных систем кондиционирования и охлаждения ЦОД, например, систем свободного охлаждения, если температура наружного воздуха ниже температуры воздуха в помещении, то целесообразно использовать естественное охлаждение без применения холодильного цикла и включения компрессора;

- Оптимизация количества единиц техники. Это снижает потребляемое электричество и уменьшает количество выделяемого тепла.
- Отключения ненужных в данный момент линий питания процессора в периоды его простоя или сниженной нагрузки.

Наиболее перспективный метод энергосбережения ЦОД:

- Переход с традиционного кондиционирования на локальное охлаждение шкафов, теплоизолированных от внутреннего пространства комнаты, используя при этом жидкостное/воздушное охлаждение процессоров, что позволит избежать неэффективного охлаждения площадей.

В настоящее время лучшим в обслуживании помещений, с установленным технологическим оборудованием со значительным выделением тепла, являются прецизионные шкафные кондиционеры. Раздача воздуха происходит непосредственно под стойки технологического оборудования, но если стенки стоек покрыть теплоизоляционным материалом, а к процессорам установить направляющие воздушных потоков. Это позволит снизить к минимуму передачу теплоты за границы стойки, тем самым позволит избежать нагрева воздуха за стойкой и излишнего охлаждения площади помещения, т.е. снизив при этом расход воздуха в комнате.

$$Q_1 = M_1 C_p (t_{np} - t_{воз})$$

$$Q_2 = M_2 C_p (t_{np} - t_{воз}) + Q_k$$

где Q_1 и Q_2 – энергия для охлаждения процессоров: на теплоизолированной стойке и обычной, Q_k – энергия, ушедшая на охлаждение комнаты; M_1 и M_2 – расход воздуха, м/с; C_p – теплоёмкость воздуха, Дж/кг·°C; t_{np} и $t_{воз}$ – температуры, соответственно, процессора и воздуха, °C.

Применив общую методику расчёта для конвективного теплообмена между воздухом и процессором, но, не учитывая ряд факторов, получаем следующие выражения, уравнения конвективного теплообмена:

$$Nu_1 = C Re_1^n Pr_1^m$$

$$Nu_2 = C Re_2^n Pr_2^m$$

где Nu_1 – критерий Нуссельта, Re – число Рейнольдса, Pr – критерий Прандтля, C – постоянная.

Сократив на C и на Pr (т.к. теплоноситель не меняется) и расписав параметры Nu и Re , получаем следующие отношения:

$$\frac{\alpha_1 l}{\lambda} = \left(\frac{w_1 l}{\nu} \right)^m \quad \frac{\alpha_2 l}{\lambda} = \left(\frac{w_2 l}{\nu} \right)^m$$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \left(\frac{w_1}{w_2} \right)^m$$

Если учесть, что $M_1 = w_1 \rho S$ и $M_2 = w_2 \rho S$, где w_1 и w_2 – скорости потока воздуха, м/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³; S – площадь поперечного сечения направляющего потока; то в итоге имеем зависимости:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{Q_1}{Q_2 + Q_k}$$

Анализируя отношения, можно сделать вывод, что при одной и той же величине теплоотдачи, нам потребуется меньшее количество воздуха на поддержание стабильной работы ЦОД.

Библиографический список

1. Ананьев В.А, Балужева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю., Звягинцева С.М., Мурашко В.П., Седых И.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Третье изд. 2001, 416 с.
2. Монтаж, эксплуатация и сервис систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебн.-справ. пособие / С.И. Бурцев, А.В. Блинов, Б.С. Востров, В.Е. Минин и др.; Под общ. ред. проф. В.Е. Минина. СПб.: Профессия, 2005. 376 с., ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНЯНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА

*Оглезнев А.Ю., Соломеина С.А., Шепелева С.К., Михайлова Н.А.
УрФУ*

Настоящая работа является продолжением ранее выполненной работы по составам масс для производства глиняного строительного кирпича. Работа выполнена для одного из предприятий по производству кирпича, расположенного в Пермском крае.

В настоящее время завод работает на массе, которая содержит в своем составе легкоплавкую монтмориллонитовую глину, кварцевый песок, опила и золу.

Определены технологические свойства (усадка, чувствительность к сушке, спекаемость, предел прочности при сжатии, морозостойкость) производственной массы, массы трепела, массы на основе легкоплавкой монтмориллонитовой глины с добавкой Литопласта-1М. Производственная масса завода взята для сравнения.

Трепел – это тонкодисперсное вещество. Определен химико-минеральный и гранулометрический состав этого вещества. Введение трепела в состав массы для производства кирпича должно повысить его механическую прочность.

Литопласт-1М – органическое вещество. Это жидкость темно-коричневого цвета, вводится в состав керамической массы в количестве 0,1-0,3 %, придает керамическим массам пластичность, увеличивает их механическую прочность после обжига.

Полученные в работе результаты показали, что введение в состав масс для производства глиняного строительного кирпича, трепела и Литопласта-1М позволяет без дополнительных энергозатрат, т.е. без повышения температуры обжига повысить механическую прочность кирпича, поднять его марку.

В настоящее время температура обжига кирпича в производственных условиях составляет 980 °С, марка кирпича 150. При введении добавок и температуре обжига 980 °С марка кирпича (с учетом использования переводного коэффициента) – 200 [2].

Библиографический список

1. Оглезнев А.Ю. Исследование легкоплавкой глины для производства строительного кирпича / А.Ю. Оглезнев, Н.А. Михайлова // Энерго- и ресурсосбережение: Сборник материалов научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УрФУ, 2010. С. 270-280.
2. ГОСТ 530-2007 Кирпич и камни керамические. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2008.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУНИЦИПАЛИТЕТА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО ОКРУГА НОВОКУЙБЫШЕВСК САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ)

*Орлов А.С., Старостин И.И., Трубицын К.В.
Самарский государственный технический университет
tef-samgtu@yandex.ru*

23 ноября 2009 года в России был принят Федеральный закон № 261-ФЗ, который не только определил основные принципы организации энергосбережения на территории нашей страны и ввел изменения в действующее законодательство по установлению обязанностей в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, но и дал мощный импульс к становлению совершенно новой, до той поры не совсем понятной, энергетической политики крупнейшего государства планеты.

В своей работе мы рассмотрели уникальный для России пример по повышению энергетической эффективности конкретного муниципального образования – городского округа Новокуйбышевск Самарской области.

В июне 2010 года по поручению главы г.о. Новокуйбышевск была разработана долгосрочная целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории городского округа Новокуйбышевск на 2010-2015 годы».

Программа является основным нормативным документом муниципального образования, принятым для проведения комплекса мероприятий по управлению энергоресурсосбережением и расширения практики применения энергосберегающих технологий на территории городского округа.

Необходимость решения проблемы энергосбережения программно-целевым методом обусловлена следующими причинами:

1. Невозможностью комплексного решения проблемы в требуемые сроки за счет использования действующего рыночного механизма;
2. Недостатком средств бюджета городского округа для финансирования всего комплекса мероприятий по энергосбережению и необходимостью координации действий органов местного самоуправления;
3. Необходимостью повышения эффективности расходования бюджетных средств и снижения рисков развития муниципального образования.

В настоящий период решение этих вопросов без применения программного метода не предоставляется возможным.

Энергетическое обследование является необходимым шагом для реализации энергосберегающих мероприятий в бюджетных учреждениях. Энергетиче-

ское обследование и паспортизация объектов бюджетной сферы осуществляется также в целях:

- определения объектов бюджетной сферы, на которых в первую очередь необходимо проводить энергосберегающие мероприятия;
- установления нормативных показателей энергопотребления (лимитирования энергопотребления).

Реализация мероприятий повышения энергоэффективности для бюджетных организаций предполагает:

- содействие заключению энергосервисных договоров и привлечению частных инвестиций в целях их реализации;
- создание системы контроля и мониторинга за реализацией энергосервисных контрактов.

Технические и организационные мероприятия по энергосбережению в бюджетной сфере и повышению ее энергетической эффективности могут предусматривать:

- оснащение зданий, строений, сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- повышение тепловой защиты зданий, сооружений при капитальном ремонте;
- меры по утеплению рабочих помещений и мест общего пользования в зданиях, не подлежащих комплексному капитальному ремонту (установка стеклопакетов, теплоотражающих экранов за радиаторами, доводчиков дверей, промывка систем отопления);
- тепловая изоляция трубопроводов и оборудования, разводящих трубопроводов отопления и горячего водоснабжения в зданиях, строениях, сооружениях;
- проведение гидравлической регулировки в зданиях, строениях, сооружениях;
- повышение энергетической эффективности систем освещения зданий, строений, сооружений (полная замена ламп накаливания на компактные люминесцентные и светодиодные лампы к 2011 г.);
- закупка энергопотребляющего оборудования высоких классов энергетической эффективности А+ и А2+;
- обучение обслуживающего персонала способам и условиям энергосбережения;
- - оптимизация режимов работы системы уличного освещения.

В настоящее время бюджетная сфера городского округа Новокуйбышевск характеризуется повышенной энергоемкостью.

В социальной сфере городского округа Новокуйбышевск действует 82 муниципальных учреждения образования, здравоохранения, культуры, физкультуры и спорта (далее – организация бюджетной сферы). Для внутреннего освещения зданий использование ламп накаливания остается высоким.

В 2009 г. суммарные затраты городского бюджета на оплату потребления электрической и тепловой энергии бюджетными учреждениями и органами местного самоуправления составили 99 643 тыс.руб.

Уровень оснащённости бюджетных учреждений городского округа Новокуйбышевск приборами учета потребления ТЭР представлен в таблице.

Уровень оснащённости бюджетных учреждений г.о. Новокуйбышевск приборами учета потребления ТЭР

Поз.	Учреждение	ЭЭ, %	ТЭ, %	Вода, %
1	Органы местного самоуправления	100	87,5	37,5
2	Здравоохранение	100	92,8	7,1
3	Образование	100	93,8	34,7
4	Прочие	100	100	58,3
5	Культура	100	76,9	76,9
6	Физкультура и спорт	100	92,8	100
	Общий процент оснащённости приборами учета	100	92,1	53,7

Перспективными направлениями повышения эффективности использования и сбережения энергоресурсов в бюджетной сфере являются:

- 100% установка приборов учета энергетических ресурсов;
- замена ламп накаливания на энергоэффективные люминесцентные;
- другие мероприятия, обозначенные в разделе «Энергоэффективность и энергосбережение в бюджетном секторе» Программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории городского округа Новокуйбышевск на 2010-2015 годы».

Библиографический список

1. Долгосрочная целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории городского округа Новокуйбышевск на 2010–2015 годы».
2. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Российская газета – Федеральный выпуск № 5050 от 27 ноября 2009 г.

ПОВЕДЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*Павлова А.В., Паниковская Т.Ю.
УрФУ, E-mail: pti@live.ru*

К концу 2006 г. реформирование электроэнергетической отрасли вошло в завершающую стадию с запуском нового оптового рынка электроэнергии и мощности (НОРЭМ). В Постановлении Правительства РФ от 31 августа 2006 года № 529 [1] была определена модель нового оптового рынка электроэнергии и мощности, установлены основные конкурентные механизмы торговли электрической энергией (ЭЭ) и мощности.

В настоящее время в РФ электроэнергия предлагается в 3 секторах свободной торговли: двухсторонние договоры; рынок на сутки вперед (РСВ); балансирующий рынок электроэнергии. Цены на секторе РСВ оптового рынка

электроэнергии и мощности России формируются на основе реальных заявленных объемов выработки и потребления и доводятся до сведения участников до реализации фактического режима [1]. Следовательно, потребители могут в краткосрочной перспективе (до подачи окончательной заявки на следующие сутки) откорректировать свою заявку, перенося максимум потребления на период с более низкими ценами.

В свою очередь, поведение потребителей электроэнергии можно разделить на две категории: активное или пассивное. Активное поведение потребителей означает изменение графика нагрузки в зависимости от цены, складывающейся на рынке на сутки вперед. Например, снижение потребления в часы высоких (пиковых и полупиковых) цен, и перенос максимума нагрузки на часы минимума.

В зарубежной практике программы, нацеленные на коррекцию поведения потребителей на спотовом рынке, получили название «Управление спросом (Demand Response)». Это комплекс мер, нацеленных на изменение характера электропотребления конечными потребителями, либо в ответ на изменение стоимости электроэнергии в течение времени, либо благодаря поощрительным выплатам, разработанным для стимулирования потребителей к снижению нагрузки во время пиков или в случае возникновения угрозы функционирования энергосистемы. Все потребители могут быть проранжированы по длительности и видам отключения/ограничения нагрузки [2].

Анализ заявок участников оптового рынка позволяет определить готовность потребителей к применению и содержанию программ по управлению спросом. Для оценки возможности выделения потребителей, имеющих возможность участвовать в программах управления спросом, был проведен анализ потребителей объединенной энергосистемы (ОЭС) за один из месяцев 2011 года и определено конкретное поведение отдельных потребителей, так и отраслей в целом по отношению к цене и суммарному потреблению по ОЭС.

Все потребители были разделены на группы по сферам деятельности (рис. 1.): А – Транспорт (2 %); В – Собственные нужды станций (6 %); С – Сбытовые компании (55 %); D – Химическая и нефтехимическая промышленность (18 %); E – Metallургическая промышленность (12 %); F – Машиностроение и металлообработка (1 %); G – Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность (5 %); H – Прочие сферы деятельности (1 %).

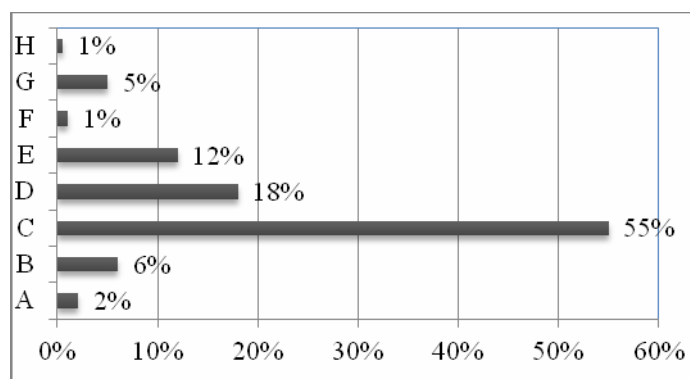


Рис. 1. Классификация потребителей по сферам деятельности

Для отдельных потребителей было принято решение анализировать нагрузку для характерных дней: будни, суббота и воскресенье. На рис. 2 представлено поведение отдельных групп потребителей (слева – Сбытовые компании, справа – Предприятия машиностроения и металлообработки) по отношению к общему потреблению ОЭС Урала: а) рабочий день, б) суббота, в) воскресенье. Для получения адекватных графиков и выравнивания масштаба потребление ОЭС и отдельных групп потребителей рассчитано в относительных единицах к своему максимальному потреблению за сутки.

Анализ совокупных потребителей по сферам деятельности показал, что общий график потребления по отраслям незначительно зависит от уровня цен оптового рынка электроэнергии и мощности. Крупные предприятия, как правило, придерживаются своего запланированного графика потребления, и рост собственной нагрузки совпадает с ростом нагрузки по ОЭС, из чего можно сделать вывод, что потребители (если брать отрасль в совокупности) слабо реагируют на повышение цен на ЭЭ (обладают малой эластичностью спроса).

В работе были проанализированы отдельные заявки участников оптового рынка крупной энергосистемы. Например, сбытовые компании и гарантирующие поставщики продают ЭЭ на розничных рынках, где установлено частичное ценовое регулирование. Поэтому сбытовые компании и гарантирующие поставщики слабо могут влиять на розничных потребителей, являясь всего лишь посредниками между оптовым рынком ЭЭ и конечными потребителями [4]. Сбытовые компании и гарантирующие поставщики могут только косвенно влиять на сокращение нагрузки в часы максимума своими клиентами с помощью: введения поощрительной тарифной сетки, динамической тарификации с установкой новых технологических средств учета и контроля; предложения своим

клиентам программ по сокращению потребления в пиковые часы взамен на определенные бонусы и скидки. С помощью использования таких программ возможно сокращение потребления, в том числе и в период прохождения максимума.

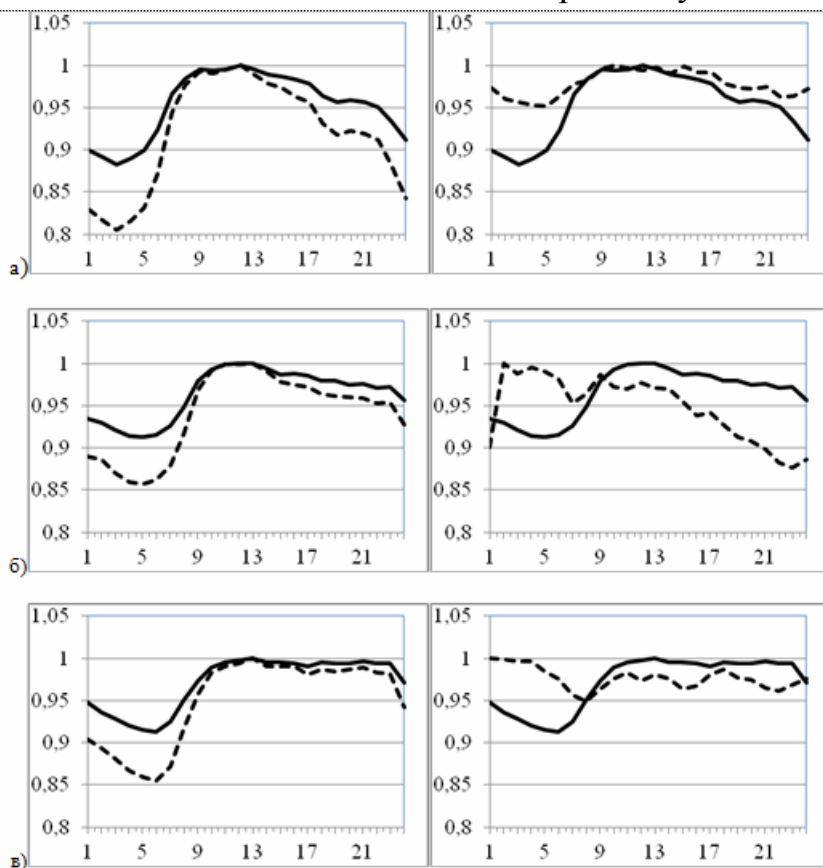


Рис. 2. Графики нагрузки потребителей (слева – Сбытовые компании, справа – Предприятия машиностроения и металлообработки, пунктирная линия) относительно потребления ОЭС (сплошная линия) для характерных дней: а) рабочий день, б) суббота, в) воскресенье

При рассмотрении графиков нагрузки некоторых потребителей можно сделать вывод, что с целью оптимизации платежей потребители полностью изменяют свои суточные графики нагрузки, «проваливая» нагрузку в часы максимума. Такие субъекты имеют существенную экономию по платежам за ЭЭ, так как основные объемы электроэнергии покупают по непиковым ценам, а также способствуют снижению суммарного максимума нагрузки ОЭС и повышению энергоэффективности различных производств.

Библиографический список

1. О совершенствовании порядка функционирования оптового рынка электрической энергии (мощности): Постановление Правительства РФ от 31 августа 2006 года № 529 // Российская газета. 2006. № 4160.
2. Aalami H.A., Moghaddam M.P., Yousefi G.R. Demand response modeling considering Interruptible / Curtailable loads and capacity market programs // Applied Energy. 2010. № 87. P. 243-250.
3. Паниковская Т.Ю., Шабалин С.А. Выравнивание индивидуальных графиков нагрузки потребителей как средство повышения энергоэффективности // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: Сборник докладов 1-го науч.-практ. семинара ЭКСИЭ-1. Екатеринбург: 2011. С. 44-47.

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОБЖИГОВОЙ МАШИНЕ № 4 КАЧКАНАРСКОГО ГОКа

*Петрышев А.Ю.
УрФУ, sun4ezzz@el.ru*

Окатыши Качканарского ГОКа сегодня и в обозримом будущем являются одним из основных видов сырья ОАО «НТМК», что обуславливает актуальность поиска путей снижения их себестоимости. В качестве резерва повышения экономической эффективности производства следует рассматривать снижение расходов электроэнергии, как одного из основных видов потребляемых энерго-ресурсов. В настоящее время на Качканарском горно-обогатительном комбинате работает четыре обжиговые машины ОК-228. В 2012 году планируется модернизация обжиговой машины № 4, производительность которой составляет 199 т/ч при удельном расходе электроэнергии на приводы тягодутьевых устройств (ТДУ) 36,98 кВт·ч/т.

Снижение расхода электроэнергии возможно путем замены ТДУ на новые дымососы и вентиляторы с более высоким кпд. Также планируется несколько изменить систему газоходов и, тем самым, уменьшить гидравлическое сопротивление тракта. Это даст запас напорной характеристики и пропускной способности ТДУ, что позволит увеличить производительность обжиговой машины до 230 т/ч.

Дымососы обжиговых машин работают при сложных эксплуатационных условиях, таких как повышенная температура, высокая запыленность перемещаемых сред и др. Газовые потоки горячего дутья, подаваемого из охладителя в систему отопления обжиговой машины, характеризуются высокой запыленностью, что, в сочетании с устаревшей системой газоочистки, не обеспечивают должную степень очистки. В конечном итоге, лопатки существующих дымососов приходят в негодность за 2-3 месяца работы, что требует остановки обжиговой машины для замены рабочего колеса и снижает общую производительность агрегата.

Дымососы, оснащенные износостойкими лопатками, позволят решить эту проблему и увеличить межремонтный период ТДУ до двух лет. Кроме того, они потребляют меньшее количество электроэнергии в связи с более высоким коэффициентом полезного действия по сравнению с ТДУ, эксплуатируемыми в настоящее время.

Поскольку производительность обжиговой машины во многом зависит от качества сушки и нагрева, необходимо увеличить скорость фильтрации в этих зонах. Это можно сделать путем увеличения производительности дымососов Д71, Д72 и Д66, что, однако, обусловит недостаток теплоносителя в переточном коллекторе. Чтобы не допустить дефицита теплоносителя, следует увеличить производительность вентилятора Д74, который нагнетает атмосферный воздух в зону охлаждения.

В тепловой схеме обжиговой машины ОАО «ЕВРАЗ-КГОК» № 4 дымососы Д69 и Д70 (в паре) осуществляют две технологические функции (нагрев и охлаждение), что нецелесообразно. Но в условиях существующей компоновки оборудования эта мера вынужденная, направленная на практически полное использование тепла от охлаждения окатышей – то есть решается важная задача энергосбережения.

В случае несоответствия параметров потоков на нагрев и охлаждение, формирование газовых потоков осуществляется с использованием дросселя для регулирования их расходов. Исходя из условий эксплуатации дросселя, он устанавливается на тракте охладителя. Изменение производительности ТДУ путем закрытия или открытия его направляющих аппаратов, то есть изменения степени перекрытия выпускного патрубка, является неэффективным способом управления, влекущим за собой повышение расхода электроэнергии. Поэтому новые дымососы будут оснащены устройствами частотного регулирования скорости вращения привода. За счет этого обеспечивается заданное качество обожженных окатышей и технико-экономические показатели работы обжиговой машины.

Новые дымососы должны обеспечить заданный уровень разрежения (давления) в газовоздушных камерах, что позволит повысить производительность машины на 15,6 % и снизить удельные расходы электроэнергии на приводы ТДУ на 21 %.

НОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ПРОЗРАЧНЫЙ БЕТОН

Печёнкин А.Ю., Смирнов Л.Н.

Уральская государственная архитектурно-художественная академия
pn1@yandex.ru

Современные тенденции в развитии строительных материалов развиваются по пути модернизации их свойств. Кроме изменения эстетического восприятия, материал приобретает и новые функциональные возможности, которые помогают более эффективно решать проблемы энергосбережения.

Многие архитекторы используют бетон в своих постройках, но, несмотря на свою вездесущность, бетон часто считался громоздким и бесчеловечным. И отчасти потому, что этот дешевый, прочный материал не пропускает свет. Другой стороной непрозрачности бетонных конструкций является необходимость устройства в них проемов для освещения внутренних пространств.



Как видно из диаграммы, в среднем 70 % потребления электроэнергии в стандартном доме занимает освещение.

С 2000 г. в мире ведутся работы по созданию прозрачного бетона. Недавно разработанный материал по виду более близок к стеклу, чем к камню. Новый материал получается при внедрении оптических

волокон (около 5 %) в мелкозернистый бетон. Стекловолоконные нити проводят свет от одной до другой поверхности блока. Из-за своего небольшого размера – от 2 микрон до 2 мм в диаметре – волокна становятся составной частью бетона.

Теоретически стены из такого бетона могут быть толщиной в несколько метров, так как волокна сохраняют светопроводимость до 20 м.



Применение такого материала раскрывает новые возможности для экономии электроэнергии для освещения. Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов,

которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подраздела. Использование естественного освещения способствует созданию комфортной среды.

Удачное применение новой технологии в материале широкого распространения позволит решить проблему с освещением в светлое время суток внутренних пространств и сэкономить электроэнергию на обслуживание зданий.

Если взглянуть в будущее, то такой вид модификации обычного, часто используемого материала, предполагает возможность увидеть в таком процессе тенденцию, ведущую к созданию новых энергоэффективных сооружений, обладающих совершенно не свойственными современной архитектуре эстетическими свойствами.

Направление модификаций может быть использовано для развития различных характеристик материала с целью увеличения энергосбережения и создания комфортной среды.

Можно предположить следующие дальнейшие пути развития модификации данного типа материалов (бетон):

1. Форма здания как накопитель световой и тепловой энергии с последующей передачей ее в ночное время на освещение и отопление.

- Принцип тепловых насосов – технология, позволяющая преобразовывать низкопотенциальную энергию окружающей среды в тепловую.

2. Ограждающие конструкции из прозрачного бетона будут способны изменять степень прозрачности от полностью прозрачных до непрозрачных. Возможность изменения светового и тонового гаммы наружной и внутренней оболочки (фасадов). Автоматическое создание зданием наиболее комфортной среды обитания для отдельно взятого индивидуума в зависимости от времени суток и времени года.

- Принципы бионической архитектуры, имитирующей живую природу.

3. Совмещение теплоограждающих возможностей наполнителей бетона с возможностью их светопропускания.

- Принцип гелиоколлектора. Перспективность строительства зданий, особенно многоэтажных, с применением наружных стен, сочетающих два функциональных направления – теплоизоляцию и теплоснабжение – за счет энергии Солнца. Возможность сократить площадь окон до минимально допустимого значения и стены совместить с гелиоколлектором. Конструктивные решения ограждений по типам бетона, с принципом гелиовоздухогревателей, можно разделить на группы с однополостным и многополостным теплосъемными каналами.

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Пешкова А.А., Рукавишников И.В.
УрФУ, np91@list.ru*

При современном уровне развития промышленности возрастает потребление энергии как в области производства продукции, услуг, так и в сфере их потребления. Однако на место пропаганды бесконечного потребления должна встать пропаганда разумных потребностей, с тем, чтобы каждое поколение удовлетворяло свои нужды не в ущерб следующим поколениям, а каждая стра-

на не в ущерб другим странам [1]. В свете таких событий значительную роль в энергетической политике стало играть энергосбережение, которое в настоящее время является наиболее реальным и плодотворным источником дополнительной энергии [2]. Более того, появилась необходимость в создании государственных энергетических программ и стратегий в области энергосбережения, для реализации которых, несомненно, требуется правовое обеспечение.

С 2006 года в Европейском Союзе (ЕС) осуществляется План действий по эффективности электроэнергии (согласно Решению Еврокомиссии от 19 октября 2006 г.), предусматривающий снижение среднегодового потребления электроэнергии к 2020 г. на 20 %, для чего необходимо ежегодно снижать таковое потребление на 1,5 %. Также действует программа «Умная энергия для Европы», направленная на использование возобновляемых энергоресурсов, на финансирование которой выделено 3,6 млн евро. На основе этих стратегических документов в ЕС действует ряд законодательных актов, целью которых является стимулирование участников рынка к эффективному обращению с электроэнергией. К таковым актам относится Директива 92/75/ЕС о данных о потреблении электроэнергии на упаковке продукции и в документации, Директива 2002/91/ЕС об общей эффективности электроэнергии в зданиях, Директива 2005/32/ЕС об экологическом конструировании продуктов с учетом потребления ими энергии и др. [3].

Весьма интересен опыт Соединенных Штатов Америки в рассматриваемой нами проблеме. В последнее время американские энергетические компании и другие организации расходуют около 2 млрд долл. в год на проблемы энергосбережения. Такой уровень инвестиций уже привел к сокращению затрат электроэнергии в объеме, который равен производительности 30 электростанций общей мощностью более 500 МВт, и к снижению выбросов парниковых газов в объеме, соответствующем выхлопам 9 млн автомобилей в год. Это позволяет потребителям энергии ежегодно экономить почти 6 млрд долларов. Кроме того, в 2006 году в США был разработан Национальный план действий по повышению энергетической эффективности, который включил в себя основы стратегии «Перспектива-2025», признающей многообразие региональных, государственных и местных условий и структур регулирования [4].

Сейчас энергоемкость экономики Российской Федерации в 2,5–3,5 раза больше, чем в развитых странах, что может привести к снижению энергобезопасности страны и торможению ее экономического роста. Как отметил Президент России Дмитрий Анатольевич Медведев на Ярославском энергетическом форуме в октябре 2010 года: «Без решения данной проблемы не будет ни снижения издержек, ни роста производительности труда, ни повышения конкурентоспособности отечественной продукции» [5].

В 2010 году Минэнерго России совместно с ЗАО «Агентство по прогнозированию баланса в электроэнергетике», ООО «Центр по эффективному использованию энергии» и ФГУ «Российское энергетическое агентство» разработало Государственную программу Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Указанная Программа по приблизительным расчетам позволит до 2020 г. обеспечить ре-

шение задачи по снижению энергоемкости ВВП на 40 %. Общий объем финансирования предполагается в размере 9532 трлн руб. [5].

В рамках Программы, требуется координация действий не только федеральных органов исполнительной власти, но и органов власти субъектов, местного самоуправления, организаций и населения [6]. Обозначены некоторые из перспективных направлений российской политики, требующие более детального теоретико-правового исследования и нормативно-правового обеспечения [1]:

- формирование системы перспективных регламентов, стандартов и норм, предусматривающих повышение ответственности за нерациональное и неэффективное расходование энергоресурсов путем включения требований обеспечения энергоэффективности;

- введение специальных нормативов энергоэффективности и системы штрафов за их нарушение, а также системы налоговых льгот за достижение показателей, превышающих нормативы, для стимулирования замены устаревшего оборудования, организация государственного статистического наблюдения за энергоэффективностью;

- введение маркировки товаров по уровню (классам) энергоэффективности;

- организация энергетических обследований, составление по их результатам энергетических паспортов;

- стимулирование развития энергетических обследований и др.

Следует отметить, что правовое регулирование энергосберегательной деятельности осуществлялось на федеральном уровне с 1996 года на основании Федерального закона от 3 апреля 1996 г. № 28-ФЗ «Об энергосбережении», положения которого были направлены на создание перспективной правовой системы стандартов и норм, направленных на развитие энергосберегающей сферы [7]. Но, к сожалению, данный Закон вскоре утратил юридическую силу по причине своего скудного нормативного содержания [1].

С 1 января 2010 года вступил в силу долгожданный Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1], который устанавливает:

- принципы регулирования потребления энергии с целью повышения энергоэффективности;

- принципы, необходимые для стимулирования экономии потребления энергоресурсов;

- внесение изменений в существующее законодательство (о техническом регулировании, жилищное, градостроительное, налоговое и т.п.), для обеспечения применения правил энергосбережения.

Библиографический список

1. Шаблова Е.Г. Законодательство РФ в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности: характеристика, проблемы, тенденции развития // Максет Энерджи [Электронный ресурс]: URL: <http://www.maxet.net>

2. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Курс лекций по устойчивому развитию // Экология и жизнь. 2005. С. 112.
3. Законодательная база в ЕС и ее пересмотр // Энергоэффективная Россия: многофункциональный общественный портал [Электронный ресурс]: URL: <http://energohelp.net>
4. Американская программа энергосбережения // Энергоэффективная Россия: многофункциональный общественный портал [Электронный ресурс]: URL: <http://energohelp.net>
5. Благие планы энергосбережения // Энергоэффективная Россия: многофункциональный общественный портал [Электронный ресурс]: URL: <http://energohelp.net>
6. Энергосбережение и энергоэффективность // Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]: URL: <http://protect.gost.ru>
7. Шаншева Н.В. Проблемы нормативного регулирования энергосбережения в Российской Федерации // АВОК [Электронный ресурс]: URL: www.abok.ru.

ПНЕВМОСЕПАРАЦИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ

*Пономарева А.В., Данилов В.Л., Пономарев В.Б.
УрФУ, e-mail: amar@r66.ru*

Замкнутый по воздуху контур при пневмокласификации сыпучих материалов применяется для сведения к минимуму сброса запыленного воздуха из системы, что существенно облегчает задачу его очистки. При этом значительно снижается металлоемкость пылеочистного оборудования и энергозатраты.

Для изучения некоторых вопросов, возникающих при проектировании, наладке и эксплуатации пневмокласификаторов, работающих в замкнутом контуре, проведены лабораторные и промышленные испытания.

Схема промышленной установки представлена на рис. 1. Данная установка работает на Чилисайском фосфоритовом руднике и предназначена для сухого обогащения руды по классу 1 мм.

Исходный продукт в количестве 60 т/ч подается питателем 1 на наклонную решетку пневмокласификатора 2, в котором мелкая фракция выдувается воздухом в циклон 3, а крупный продукт выводится из аппарата на транспортер 4. Очищенный от основной твердой фазы воздушный поток вентилятором 5 по обратному воздуховоду снова подается в классификатор 2. На обратном воздуховоде установлен шибер 6 и патрубки с шиберами 7, 8 для регулирования режимов работы установки. Производились измерения статических давлений и расходов воздуха в контрольных. Расход воздуха определялся через динамический напор при помощи пневмометрической трубки Прандтля. Показания снимались при следующих положениях шиберов:

1. Шибер 6 – открыт, шибер 7 – закрыт, шибер 8 – закрыт;
2. Шибер 6 – полуоткрыт, шибер 7 – закрыт, шибер 8 – закрыт;
3. Шибер 6 – открыт, шибер 7 – открыт, шибер 8 – открыт.

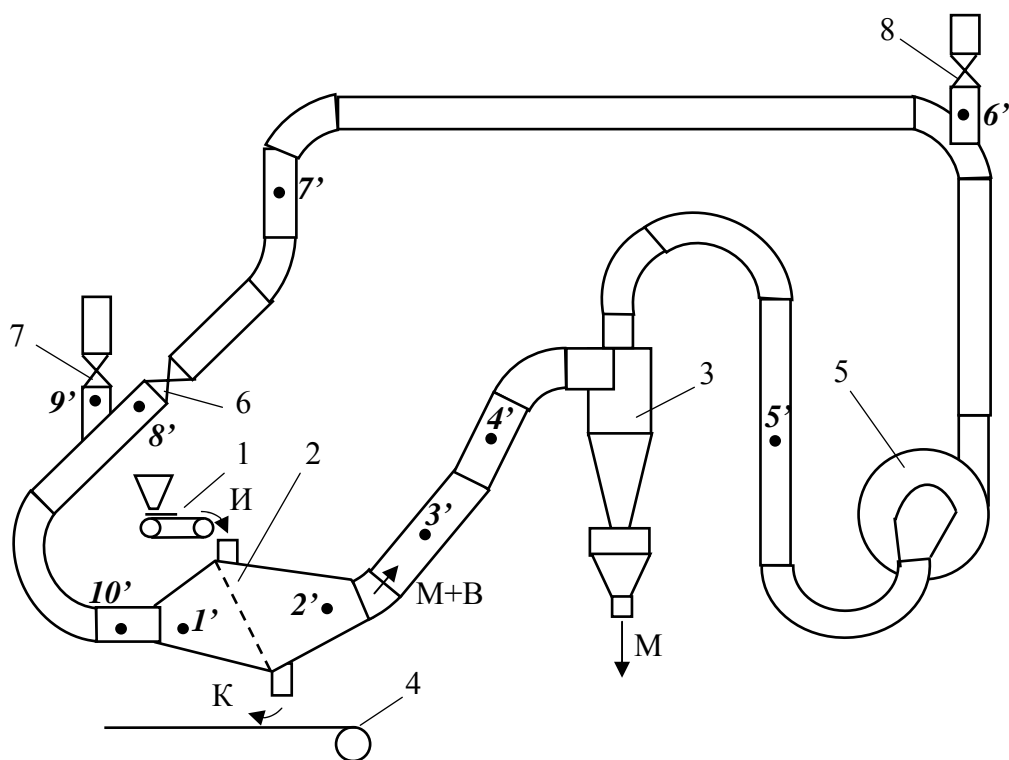


Рис. 1. Схема промышленной установки
И – исходный материал; М – мелкий продукт; К – крупный продукт; В – воздух;
1 – питатель; 2 – пневмокласификатор; 3 – циклон; 4 – транспортер;
5 – вентилятор; 6, 7, 8 – шибер

Результаты измерений представлены в таблице, изменение статического давления по длине тракта показано на графиках рис. 2.

Статические давления и расходы воздуха по длине тракта

Положения шиберов	Статические давления, мм. вод. ст									
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
1	+106	-12	-28	-37	-255	+182	+137	+120	–	–
2	0	-11	-28	-34	-174	-	+255	+40	–	–
3	-16	-17	-115	-132	-396	0	–	-8	0	–
Расходы воздуха, м ³ /ч										
1			15580		16300					11600
2			11700		14800					
3			15875		18150	8000				9270

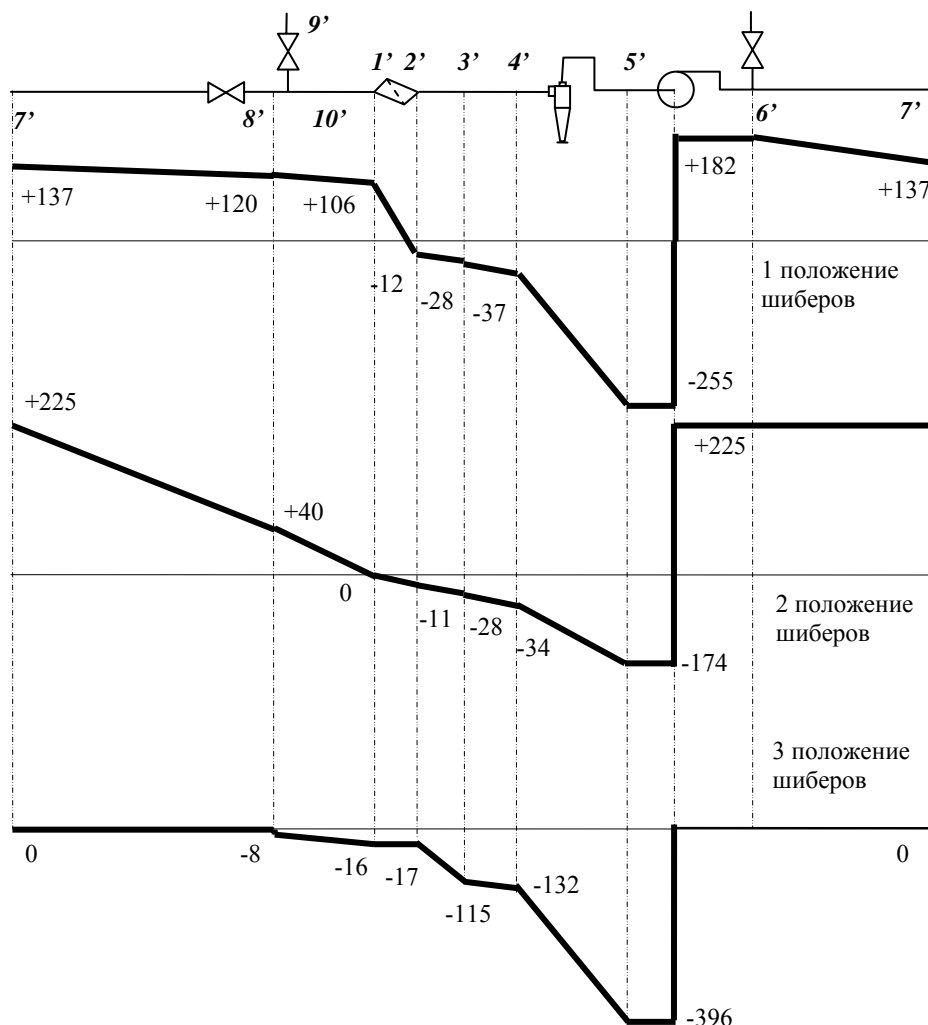


Рис. 2. Графики изменений статических давлений по длине тракта

Полученные результаты показывают, что возможна регулировка параметров замкнутой системы, в частности, изменения положения «нулевой точки», расхода воздуха, а также организации его регулируемого подсоса и сброса. Очевидно, что «нулевое» давление (или близкое к нему) желательно иметь в классификаторе, чтобы избежать непроизвольных подсосов или, наоборот, выбросов запыленного воздуха через загрузочное и разгрузочное устройства.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АНОДНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Попов А.В., Рудой В.М., Желобецкий В.А.¹, Останин Н.И.
УрФУ, ¹ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»
Popov1979alex@gmail.com

При защите подземных трубопроводов от коррозии наиболее экономически обоснованным способом является электрохимическая защита (ЭХЗ). В

практике ЭХЗ широко используются анодные заземлители из стали. Они изготавливаются из бывших в употреблении стальных изделий (труб, рельсов, балок и т.п.) и поэтому достаточно дешевы.

Результаты многолетней эксплуатации анодных заземлений всевозможных типов из различных материалов зачастую указывают на преждевременное уменьшение анодного тока и возрастание сопротивления растеканию. При этом значительно увеличивается электропотребление установок катодной защиты. Следствием этого может быть снижение защищенности и появление зон коррозионной опасности. Основными причинами этого является изменение прианодного слоя, образование на поверхности анода труднорастворимых и плохопроводящих продуктов коррозии (различных оксидов и гидроксидов) и, следовательно, уменьшение активной поверхности. Возникает, так называемая, фазовая пассивность.

Решением этой проблемы может быть либо ремонт анодных заземлений с частичной или полной заменой, либо активация электрохимических процессов растворения на его поверхности. Замена анодных заземлений очень затратное мероприятие. В связи с этим представляется весьма актуальным изучение возможности активации электрохимических процессов анодного растворения стали в грунте.

Процесс анодного растворения образцов трубной стали изучали в различных вариантах: с применением 0,3М раствора NaCl, который имитировал грунтовой электролит, и в грунте (суглинок) влажностью 25 %, задаваемой добавлением раствора NaCl.

Для задания режимов поляризации при лабораторных исследованиях предварительно было определено среднее значение плотности тока, стекающего с анода действующей установки катодной защиты, на объекте ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург». Получено значение усредненной плотности анодного тока $3,4 \text{ мА/см}^2$.

Поляризация переменным и постоянным током осуществлялась от электрохимической станции Solartron 1280С, в ячейке ЯСЭ-2 по трехэлектродной схеме. Рабочий электрод был изготовлен из трубной стали марки Сталь 20. Постоянный ток накладывали в гальванодинамическом режиме, переменный ток задавали с постоянной амплитудой и частотой. Потенциал измеряли относительно насыщенного хлоридсеребряного электрода сравнения.

Активирующее действие переменного тока исследовали как на воздушноокисленных образцах, так и на покрытых продуктами коррозии после недельной выдержки во влажном грунте. Последствие переменного тока на поляризуемость оценивалось по смещению поляризационной кривой (рис. 1а).

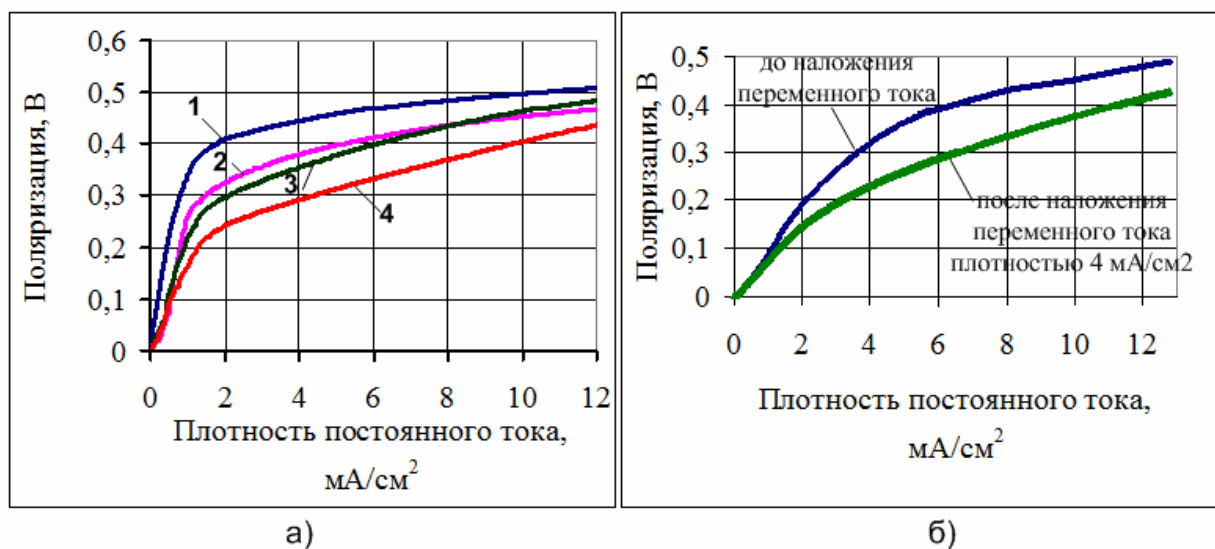


Рис. 1. Анодные поляризационные кривые на воздушноокисленном (а) и покрытом продуктами коррозии в грунте (б) стальном электроде без наложения переменного тока (кривая 1) и при наложении переменного тока $f = 50$ Гц и плотностью (мА/см^2): кривая 2 – 4,16; кривая 3 – 8,3; кривая 4 – 12,5

Приведенные зависимости показывают, что при наложении переменного тока, по мере роста его плотности, происходит уменьшение поляризуемости. Степень активации находится в прямой зависимости от величины плотности переменного тока. Подобное явление отмечено и на образцах стали, покрытых продуктами коррозии после выдержки их в грунте (рис. 1б).

Оценка кинетических параметров процесса анодного растворения и учет их изменения под влиянием наложения переменного тока и наличия продуктов коррозии проводилась на основе представления поляризационных кривых в полулогарифмических координатах.

Как следует из общего вида поляризационных кривых, на них наблюдаются два линейных участка. По-видимому это связано со сменой механизма растворения при высоких значениях поляризации.

Наиболее сильно эффект влияния переменного тока сказывается при наложении переменного тока при растворении их после длительной выдержки в грунте. В этом случае электрод покрыт продуктами коррозии, которые, с одной стороны, экранируют активную часть поверхности, а с другой стороны, увеличивают сопротивление границы раздела фаз.

Как следует из полученных данных, в этом случае и величины анодного потенциала, и угловые коэффициенты тафелевского наклона (0,36 – без наложения переменного тока и 0,24 – при наложении переменного тока) также указывают на снижение поляризуемости стали при активации анодов переменным током.

Итак, после активации электрода с помощью переменного тока частотой 50 Гц и плотностью 4 мА/см^2 бестоковый потенциал смещается в отрицательную сторону. Напряжение на станции катодной защиты включает в себя раз-

ность между потенциалом анода и потенциалом в точке дренажа, который значительно отрицательнее потенциала анода. Разность будет тем меньше, чем отрицательней потенциал анода при заданной плотности тока. Плотность тока на анодах катодных станций находится в пределах 2...4 мА/см².

Таким образом, в результате активации уменьшается общее напряжение между анодом и защищаемым объектом. Эффект активации проявляется еще сильнее на образцах стали, которые покрыты продуктами коррозии (рис. 2).

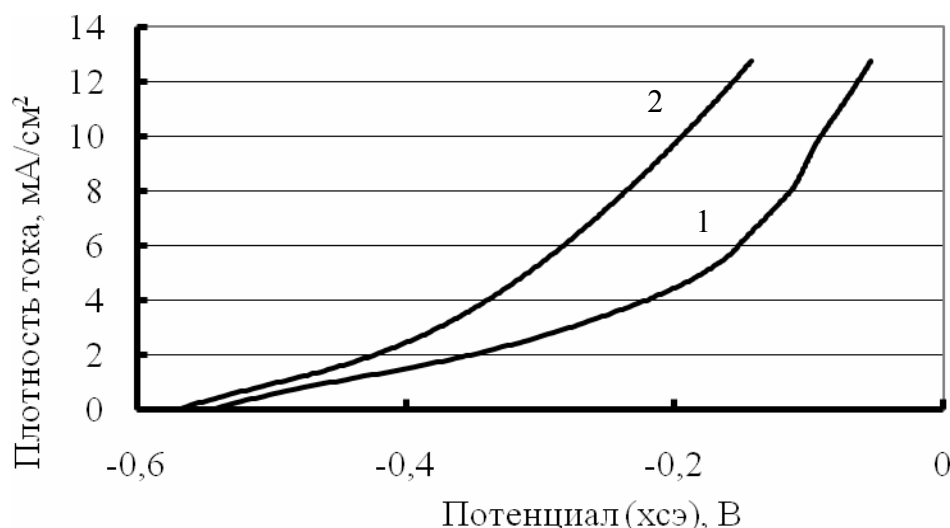


Рис. 2. Анодные поляризационные кривые на стальном электроде после выдержки их в грунте с 20 % влажностью в течение недели: 1 – до активации переменным током, 2 – после активации переменным током

По-видимому, активация переменным током действующих анодных заземлителей, может стать эффективным средством снижения расхода электроэнергии.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что при наложении переменного тока на постоянный поляризуемость стального анода в электролите, моделирующем грунтовые воды, снижается.

2. Обнаружено активирующее действие переменного тока в условиях, моделирующих состояние анода при электрохимической защите после выдержки в грунте.

3. Практическая реализация предлагаемого метода активации анодов может быть осуществлена с небольшим изменением действующей схемы работы электрохимической защиты, без нарушения режима защиты трубы постоянным током. Для этого необходимо проведение натурных испытаний.

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ РАНКА-ХИЛША¹

Постникова А.Ю., Хаум А.В.

УрФУ, E-mail: hait@mail.ru

Введение. Вихревой эффект Ранка-Хилша был обнаружен инженером Ж. Ранком в 1931 г. [1]. Данный эффект заключается в том, что на периферии (в пристеночном слое) вихревого потока сжимаемой жидкости образуется слой жидкости с большей температурой, а в центре – охлажденный поток. В настоящее время данный принцип получения тепловой энергии реализуется в специальных устройствах – вихревых трубах.

В 1946 г. физик Р. Хилш [2], одним из первых, опубликовал результаты исследования вихревой трубы, а также рекомендации по ее изготовлению и эксплуатации. С начала 50-х годов и до настоящего времени ежегодно публикуются сотни работ, посвященных углубленному использованию вихревых труб в различных отраслях техники. В Советском Союзе работы по созданию и исследованию вихревых аппаратов начаты в конце 40-х годов, первые существенные результаты получены в начале 50-х годов [3].

В последние годы актуальность исследования вихревых труб не снижается. При этом одной из самых актуальных тем в области изучения вихревых труб является увеличение изоэнтропного КПД (одного из основных показателей энергетической эффективности устройств) последних. Для современных конструкций вихревых труб величина данного показателя не превышает отметку в 40 % для режима наибольшей холодопроизводительности.

В 1963 г., развивая положения гипотезы взаимодействия вихрей, А.П. Меркулов и Ш.А. Пиралишвили предложили для повышения холодопроизводительности вихревой трубы вводить в приосевую зону камеры энергоразделения со стороны горячего конца специальным образом сформированный дополнительный поток газа (двухконтурная вихревая труба). Предполагалась возможность существенного увеличения относительного расхода охлажденного потока и при незначительном снижении степени охлаждения газа. В дальнейшем предположения авторов оправдались [4].

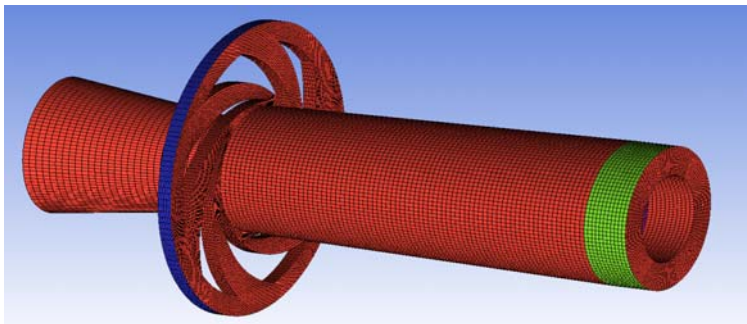
Постановка задачи. Различные исследователи установили [3, 5], что характеристики вихревой трубы существенно зависят от геометрических размеров ее проточной части. Применяемые сегодня конструктивные решения вихревых труб с дополнительным потоком не являются оптимальными. Оптимизация только одного элемента конструкции вихревой трубы (соплового ввода) может привести к увеличению уровня изоэнтропного КПД [6].

В связи с этим авторами настоящей работы были проведены исследования, цель которых заключалась в подборе наиболее оптимальных размеров диаметра диафрагмы и диаметра ввода дополнительного потока вихревой трубы. В качестве базовой конструкции использовалась двухконтурная вихревая труба, описанная в работе [5]. Метод исследования – вычислительный экспери-

¹ Работа выполнена под руководством заведующего кафедрой гидравлики УрФУ, д.т.н., проф. А.С. Носкова.

мент. В качестве критерия энергоэффективности использовалась величина изоэнтропного КПД вихревой трубы. В процессе расчета изменялись следующие размеры: диаметр входа дополнительного потока и диаметр диафрагмы.

На рис. 1 представлена трехмерная конечно-элементная сетка, наложенная на проточную часть вихревой трубы. Математическая модель рассматриваемого случая включает систему нелинейных уравнений Навье-Стокса [7] для сжимаемой жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния идеального газа и модель турбулентности $k-\varepsilon$. Рабочее тело – воздух. Свойства воздуха задавались при помощи уравнения состояния идеального газа.



маемой жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния идеального газа и модель турбулентности $k-\varepsilon$. Рабочее тело – воздух. Свойства воздуха задавались при помощи уравнения состояния идеального газа.

Рис. 1. Расчетная сетка для двухконтурной вихревой трубы

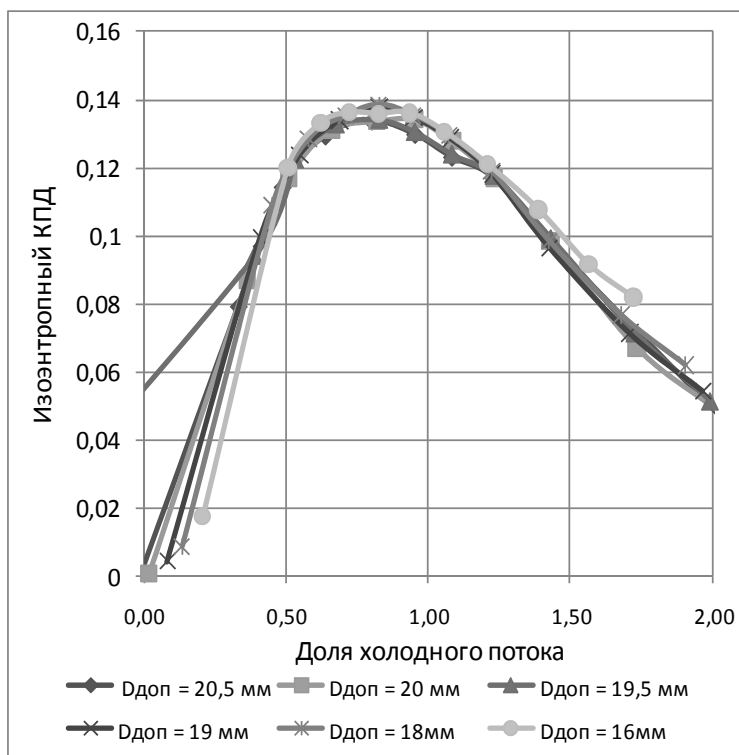
В качестве граничных были заданы следующие условия:

1. Избыточное давление на входе: $p = 20$ бар, температура $T = 300$ К, интенсивность турбулентности $I = 5\%$.

2. Избыточное давление на холодном и горячем выходах: $p = 0$ атм.

3. Дополнительный поток: $T = 300$ К. Величина избыточного статического давления варьировалась в диапазоне $p = 0 \dots 0,05$ МПа с целью изменения доли холодного потока μ .

Расчет задачи в нестационарной постановке производился при помощи свободного гидродинамического пакета OpenFOAM v 1.7.1.



На рис. 2 представлены расчетные характеристики вихревой трубы с различными диаметрами ввода дополнительного потока. Из рисунка видно, что линии КПД укладываются примерно на одну кривую, а значит, размер диаметра ввода дополнительного потока практически не влияет на величину изоэнтропного КПД. Однако все же можно отметить, что наибольшую величину изоэнтропного КПД имеют вихревые трубы с диаметром ввода дополнительного потока 18 мм и 19 мм.

Рис. 2. Расчетные зависимости величины изоэнтропного КПД двухконтурной вихревой трубы от доли холодного потока при различных диаметрах ввода дополнительного потока

Также можно установить, что с увеличением диаметра доля холодного потока μ в начальный момент времени уменьшается.

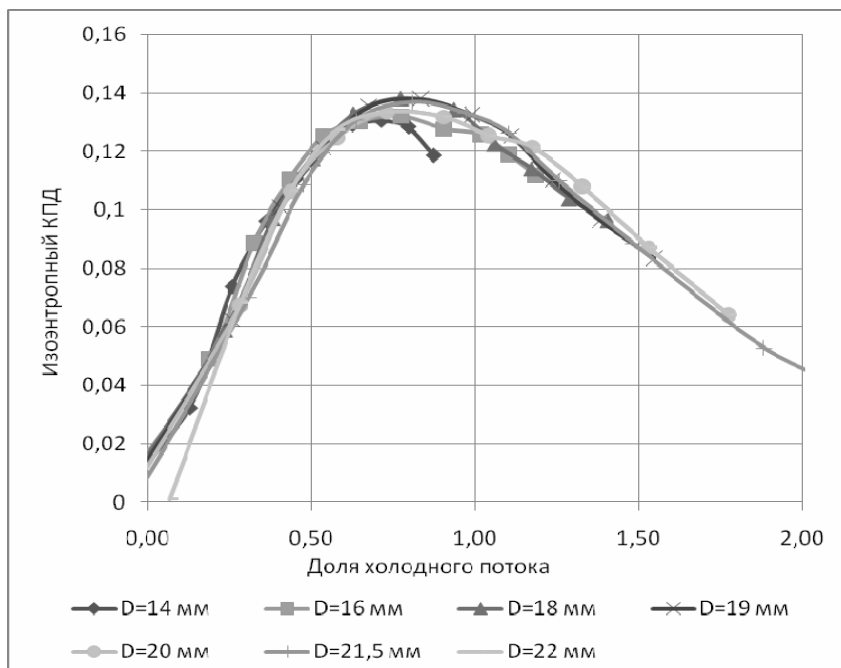


Рис. 3. Расчетные зависимости величины изоэнтропного КПД двухконтурной вихревой трубы от доли холодного потока при различных диаметрах диафрагмы

На рис. 3 представлены расчетные характеристики вихревой трубы с различными диаметрами диафрагмы холодного потока. Из рисунка видно, что наибольшую величину изоэнтропного КПД имеют вихревые тру-

бы с диаметром диафрагмы 19-21,5 мм.

В результате расчетов максимальное значение изоэнтропного КПД составило 13,8 % как при изменении диаметра диафрагмы, так и при изменении диаметра входа дополнительного потока. При этом в соответствии с данными, представленными в работе [5], данный показатель для натурного образца вихревой трубы составляет 35...36 %. Данный факт можно объяснить допущениями, принятыми в использованной к-ε модели турбулентности.

Основные выводы. Проведены численные исследования по влиянию конструктивных размеров вихревой трубы Ранка-Хилша с дополнительным потоком на изоэнтропный КПД. Исходя из полученных результатов, можно сказать, что величины диаметров диафрагмы и входа дополнительного потока слабо влияют на изоэнтропный КПД, но все же можно выделить оптимальные геометрические размеры камеры энергоразделения вихревой трубы: диаметр входа дополнительного потока 18...19 мм, диаметр диафрагмы 19...21,5 мм. В связи с этим рационально будет принять диаметры дополнительного потока и камеры энергоразделения равными 19 мм.

Следует отметить, что результаты исследования совпадают с экспериментальными данными авторов статьи [5]. Это говорит о том, что предложенная авторами математическая модель является пригодной для выполнения оптимизационных исследований. В дальнейшем необходимо продолжить исследования в данном направлении.

Библиографический список

1. Ranque G.J. Experiments on expansion in a vortex with simultaneous exhaust of hot air and cold air // J Phys Radium (Paris). 1933. № 4. P. 112-114.

2. Hilsch R. The use of expansion of gases in a centrifugal field as a cooling process // Rev Sci Instrum. 1947. № 18(2). С. 108-113.
3. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1988. 185 с.
4. Пиралишвили Ш.А., Поляев В.М., Сергеев М.Н. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения. М.: Энергомаш, 2000. 412 с.
5. Пиралишвили Ш.А., Михайлов В.Г. Некоторые вопросы исследования теплообмена и тепловых машин // Тр. Куйбышевского авиационного института имени С.П. Королева. 1973. Вып. 56. С. 64-74.
6. Носков А.С., Ловцов А.В., Хаит А.В. Математическое исследование структуры газового потока в закручивающем аппарате вихревой трубы // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии. Омск: ОмГТУ, 2010. С. 74-77.
7. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Праслова Е.А.

*Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
Оренбургского государственного университета,
praslova-elena@mail.ru*

Металлургические производства машиностроительных предприятий являются крупными потребителями электроэнергии. Рост потребления электроэнергии определяется увеличением производства электростали за счет применения современных энергетических установок, наиболее мощными из которых являются дуговые сталеплавильные печи.

В настоящее время доля стали, выплавленной в дуговых сталеплавильных печах в объеме мировой выплавки стали достигает 40 %.

Дуговые сталеплавильные печи (ДСП) очень энергоемки и оказывают значительное влияние на общий объем энергопотребления и качество электроэнергии систем электроснабжения.

Дуговые сталеплавильные печи как нагрузка негативно влияют на качество электрической энергии питающей сети. Работа ДСП сопровождается возникновением в электрической сети колебаний напряжения, а нелинейность и несимметрия фазных токов, потребляемых печью, приводит к искажению формы кривой тока, несимметрии напряжения. Несинусоидальные режимы оказывают негативное воздействие на силовое электрооборудование, системы релейной защиты, автоматики и телекоммуникации. Экономический ущерб, возникающий в результате воздействия высших гармоник, обусловлен ухудшением энергетических показателей и сокращением срока службы электрооборудования, общим снижением надежности функционирования электрических сетей. В отдельных случаях возможно ухудшение качества и снижение количества выпускаемой продукции.

Для обеспечения развития металлургических производств машиностроительных предприятий необходимо добиться проведения следующих мероприятий:

- снижение энергетических затрат при производстве металлопродукции;
- реконструкции производства на основе внедрения новых технологий и оборудования.

Одним из эффективных энергосберегающих мероприятий по повышению качества электроэнергии, снижению потерь электрической энергии, является установка средств компенсации реактивной мощности.

ИЗМЕНЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИН С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ДОБАВОК

*Примаков О.Н., Захарова И.Ю., Земляной К.Г.
УрФУ, E-mail: luna3004@mail.ru*

Целью исследования является улучшение реологических свойств глин с помощью введения высокотехнологичных добавок в процессе производства легковесных огнеупоров. Одной из главных задач получения таких огнеупоров является уменьшение энергетических затрат при их производстве, а также при их применении.

В качестве объектов исследовательской работы были выбраны три глины, месторождений Уральского округа, а именно, Нижнеуфимского и Богдановичского месторождений марки ТБ–4 (цвет черный) и АРБ–49 (цвет красный). Нижнеуфимскую глину применяют на многих предприятиях как связующее, так как у нее высокая пластичность, в отличие от глин Богдановичского месторождения. Выбор двух марок богдановичской глины обусловлен ее доступностью и дешевизной, но при этом необходимо улучшить ее реологические свойства в сравнении с нижнеуфимской глиной.

Первым этапом работы являлось определение пластичности трех глин при помощи балансного конуса. Получив данные по ее относительной влажности, при которой глины становились пластичными, была выполнена следующая стадия, которая заключалась в добавлении пластификаторов к глине в количестве 0,3 %, что составляет незначительную величину. Результаты выполнения опытов приведены в табл. 1.

Курсивом в табл. 1 выделены глины, которые среагировали наилучшим образом на добавление пластификаторов марок 1М, 2М и 4М. Надо заметить, что каждая глина среагировала по-разному и с разными пластификаторами. Это зависит от сложного минералогического и химического состава глин.

Таблица 1

Виды глин	Граница текучести		Граница раскатывания		Число пластичности	Остаток воды, %
	W _{отн.} , %	W _{абс.} , %	W _{отн.} , %	W _{абс.} , %		
Нижнеувельская глина	30,35	43,58	15,85	18,84	14,5	-
Нижнеувельская глина 1М	29,46	41,76	18,82	23,19	10,64	16,30
<i>Нижнеувельская глина 2М</i>	<i>28,06</i>	<i>39,55</i>	<i>17,50</i>	<i>21,21</i>	<i>10,56</i>	<i>31,52</i>
Нижнеувельская глина 3М	28,34	39,56	19,75	24,64	8,59	27,2
<i>Нижнеувельская глина 4М</i>	<i>29,28</i>	<i>41,41</i>	<i>17,28</i>	<i>20,89</i>	<i>12</i>	<i>29,48</i>
Нижнеувельская глина 5М	29,24	41,32	20	25	9,24	26,1
Богдановическая (красная)	30,97	44,87	24,10	31,75	6,87	-
Богдановическая 1М	30,25	43,38	21,95	28,12	8,30	5,55
<i>Богдановическая 2М</i>	<i>28,32</i>	<i>39,50</i>	<i>21,95</i>	<i>28,12</i>	<i>6,37</i>	<i>11,50</i>
<i>Богдановическая 2М</i>	<i>31,60</i>	<i>46,17</i>	<i>23,10</i>	<i>30,00</i>	<i>8,50</i>	-
Богдановическая 3М	28,36	39,6	23,08	30	5,28	11,1
<i>Богдановическая 4М</i>	<i>28,86</i>	<i>40,56</i>	<i>21,95</i>	<i>28,12</i>	<i>6,91</i>	<i>9,77</i>
Богдановическая 5М	29,03	40,91	23,45	30,64	5,58	8,00
Богдановическая (черная)	32,2	47,55	25	33,33	7,22	-
<i>Богдановическая 1М</i>	<i>31,34</i>	<i>45,69</i>	<i>24</i>	<i>31,58</i>	<i>7,34</i>	<i>12,47</i>
<i>Богдановическая 1М</i>	<i>32,1</i>	<i>47,3</i>	<i>21,9</i>	<i>28,1</i>	<i>10,2</i>	-
Богдановическая 2М	31,34	45,64	24,69	32,79	6,65	8
Богдановическая 3М	31,4	45,78	24,78	32,94	6,62	8,32
<i>Богдановическая 4М</i>	<i>30,72</i>	<i>44,35</i>	<i>23,75</i>	<i>31,15</i>	<i>6,97</i>	<i>7,08</i>
Богдановическая 5М	29,77	42,4	24,7	32,81	5,07	8,3

После этих исследований, выделив наилучшие результаты, был применен метод Пфедеркорна–Хазе, которым также определяется пластичность глин, но уже более точно, и показателей определения больше. Полученные результаты (табл. 2) можно оценить как оптимистичные.

Таблица 2

Результаты определения пластичности по Пфедеркорну–Хазе

Глина	№ опыта	h, см	W, %	a	δ, кгс/см ²	τ, кгс/см ²	W _{опт}	Пластичность
Нижнеувельская	1	3,98	22,46	1,005	90,75	45,4	25,63	9,1
	2	2,37	23,26	1,69	0,969	0,48		
	3	2,2	23,67	1,82	0,85	0,43		
	4	2	23,5	2	0,744	0,37		
	5	1,63	24,91	2,45	0,588	0,29		
	6	0,78	28,83	5,13	0,339	0,17		
Нижнеувельская 2М	1	1,39	25,94	2,88	0,5	0,25	27,55	14,8
	2	0,98	27,68	4,08	0,39	0,195		
	3	0,93	27,59	4,3	0,38	0,19		
	4	0,72	28,45	5,56	0,32	0,16		
	5	0,48	30,49	8,33	0,27	0,135		

Глина	№ опыта	h, см	W, %	a	δ , кгс/см ²	τ , кгс/см ²	W _{опт}	Пластичность
Богдановичская (красная)	1	1,99	27,37	2,01	0,74	0,37	29,5	11,05
	2	1,71	27,95	2,34	0,62	0,31		
	3	1,25	29,01	3,2	0,46	0,23		
	4	0,61	31,06	6,56	0,3	0,15		
	5	0,56	32,19	7,14	0,29	0,14		
Богдановичская 2М	1	2,93	24,44	1,37	1,56	0,78	28,38	13,45
	2	2,94	19,75	1,71	0,94	0,47		
	3	1,56	26,71	2,56	0,56	0,29		
	4	0,63	29,26	6,35	0,3	0,15		
	5	0,56	30,68	7,14	0,29	0,14		
Богдановичская (черная)	1	2,67	20,65	1,5	1,22	0,61	30,52	12,1
	2	2,2	27,27	1,8	0,85	0,43		
	3	1,71	28,84	2,34	0,62	0,31		
	4	1,21	30,08	3,31	0,45	0,23		
	5	0,41	34,51	9,76	0,25	0,12		
Богдановичская 1М	1	2,63	26,1	1,53	1,18	0,59	30,86	13,25
	2	2,08	27,69	1,92	0,79	0,39		
	3	1,42	29,33	2,82	0,52	0,26		
	4	1,05	31,22	3,81	0,41	0,2		
	5	0,65	32,36	6,15	0,31	0,15		

Из полученных результатов можно сделать вывод, что с помощью пластификаторов улучшаются реологические свойства глин, снижается количество воды, а вследствие этого, на следующих этапах производства, будут снижены затраты на энергоресурсы, связанные с сушкой, что также позволит получить экономию финансовых средств предприятия. Из полученных данных также следует, что замена Нижнеувельской глины на Богдановичскую возможна по части изученных свойств, но необходимо продолжить работу в направлении поиска дальнейших путей улучшения ее качеств, а также доступности и энергозатратности.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТИПА ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

*Пурдин М.С., Хомченко Н. В.
Московский энергетический институт
Terobit@rambler.ru*

В России довольно холодный климат [1], что обуславливает необходимость в дополнительных затратах на отопление [2]. Для того чтобы уменьшить затраты на отопление, необходимо утеплять здания [3].

В рамках изучения данной темы, были рассмотрены различные виды тепловой изоляции ограждающих конструкций административно-бытового здания с целью улучшения эффективности использования тепловой энергии. Построены и проанализированы графики зависимостей потерь теплоты через стены (рис. 1) и окна от их сопротивления теплопередаче, а также графики долей тепловых потерь через разные ограждающие конструкции в зависимости от их сопротивления теплопередаче при совместном использовании в здании (рис. 2).

Стена состоит из трех слоёв: кирпичная кладка – 510 мм, пространство для теплоизолятора – 110 мм, кирпичная кладка – 120 мм.

Окна – стеклопакет в ПВХ переплете, термическое сопротивление которых ($R_{ок}$) изменяется прямо пропорционально термическому сопротивлению теплоизолятора стен (R_n), в целях удобства расчета. При этом пределы изменения термического сопротивления окон заданы в области действительных (вполне реализуемых) значений.

Анализ графиков тепловых потерь показывает, что с увеличением тепловой изоляции здания уменьшаются потери через ограждающие конструкции, но при этом доли потерь теплоты через неизолированные (такие как: двери, пол подвала, инфильтрация) ограждения постепенно становятся больше потерь через изолированные поверхности и возникает необходимость в нестандартной теплоизоляции зданий.

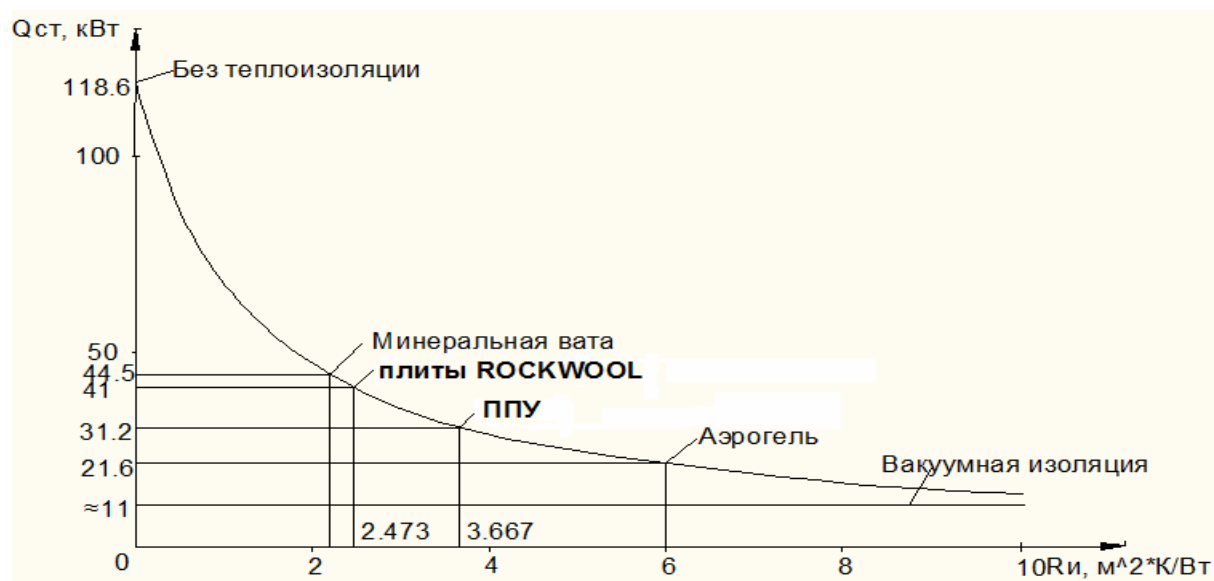


Рис. 1. Графики тепловых потерь через стены в зависимости от сопротивления тепловой изоляции стен

На графике (рис. 2) также заметно влияние собственного сопротивления ограждающих конструкций при сопротивлении R_n от 0 до $1 m^2 \cdot K / Wt$. Из-за большого начального сопротивления стен значимость малой изоляции низка, что приводит к незначительному уменьшению тепловых потерь, а, следовательно, доля этих потерь в общем балансе здания увеличивается.

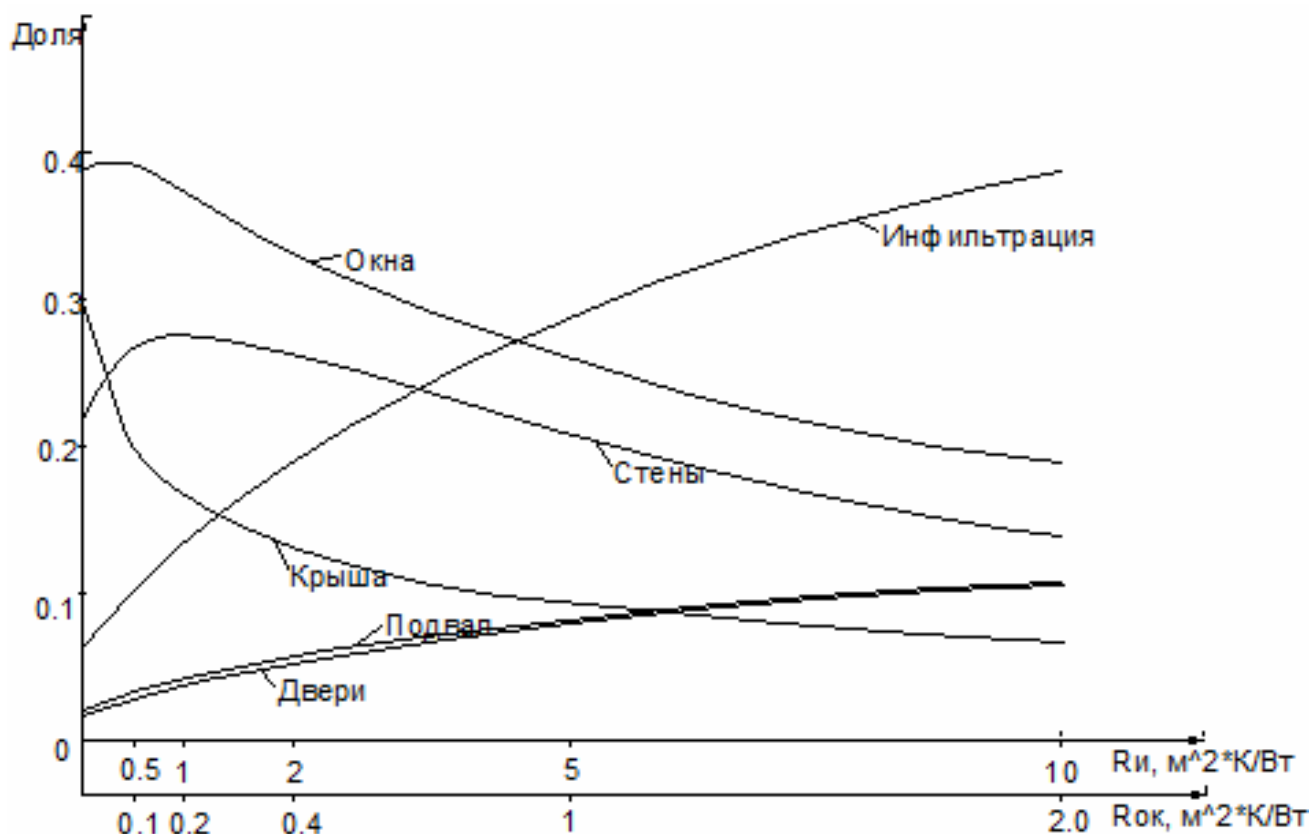


Рис. 2. Графики долей тепловых потерь через различные ограждающие конструкции в зависимости от сопротивления тепловой изоляции здания в целом

Можно также добавить, что нагрузка на ИТП стремится к определенному значению, которое определяется неустраняемыми потерями, такими, как ГВС, инфильтрация воздуха и т. п. Но при этом можно довести изоляцию здания до такого состояния, когда естественные источники тепла в здании (люди, техника, освещение) будут компенсировать тепловые потери. При этом комфортное пребывание людей будет обеспечиваться автоматикой, устраняющей теплоизбытки или возмещающей теплопотери.

Так как подобный анализ довольно легко реализуем в среде MathCAD, его можно проводить для оценки технико-экономических показателей типовых зданий, то есть определения наиболее выгодной степени теплоизоляции ограждающих конструкций или определения толщины изоляции, необходимой для того, чтобы тепловые потери компенсировались тепловыми притоками от естественных источников. При этом необходимо отметить, что при полной компенсации тепловых потерь вся нагрузка на отопление и поддержание микроклимата помещения ложится на систему вентиляции, так как влажность, концентрация углекислого газа и других вредных веществ будет увеличиваться при уменьшении инфильтрации, что неизбежно при увеличении степени теплоизоляции.

Библиографический список

1. СНиП 23-01-99 Строительная климатология.
2. Староверов И.Г. Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика. Ч. 1. Отопление. М.: Стройиздат, 1990.
3. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕКЦИИ У ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ратникова М.И., Зиганшин А.М.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
amziganshin@kgasu.ru

При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования необходимо знать закономерности распространения течений возникающих у нагретых или охлажденных вертикальных поверхностей. Такая задача возникает, например, при защите остекления от ниспадающих охлажденных потоков. Знание характеристик, возникающих в этом случае течений, позволяет рассчитать необходимую мощность отопительного прибора, наиболее рационально и эффективно защищающего как само остекление от выпадения конденсата, так и помещение от проникновения охлажденных потоков.

При решении задачи защиты остекленных поверхностей от ниспадающих потоков воздуха, ее обычно разбивают на две – определение характеристик потока охлажденного воздуха развивающегося вдоль остекления и нагретого – вдоль отопительного прибора [1]. Затем исследуют взаимодействие этих потоков – определяют место слияния, характеристики результирующего течения. При этом решение задач проводится аналитически или экспериментально.

Аналитическое решение обычно проводится в рамках теории пограничного слоя [2-6] или с использованием интегрального метода [5, 7]. В результате получают зависимости для теплоотдачи, изменение максимальной скорости и избыточной температуры вдоль потока, а также в его поперечных сечениях. Имеются примеры и экспериментального исследования таких течений, например в [8, 9].

Результаты, полученные аналитически и экспериментально, обычно ограничиваются рассмотрением частных случаев течения жидкости у нагретой поверхности в виде бесконечной пластины. Имеются работы, посвященные численному исследованию свободной конвекции у вертикальных поверхностей. При этом, как правило, используется самостоятельно написанный программный код, например [11], поэтому геометрия исследуемых областей в этих случаях также максимально упрощена.

На сегодняшний день большое развитие получили, так называемые, инженерные вычислительные комплексы, которые позволяют, не имея специального математического и программистского образования, проводить исследования в области вычислительной гидродинамики – *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

Основным преимуществом численного моделирования является возможность исследования течений при достаточно сложных условиях – сложная геометрия, взаимодействие потоков и т.д. Однако основная проблема здесь заключается в проверке адекватности полученного численного решения. Для этого на первом этапе определяется *численная схема* (комплекс всех моделей, уравнений и условий задачи), адекватно воспроизводящая все основные характеристики исследуемого течения при сравнении с достоверными аналитическими или экс-

периментальными данными. Далее с использованием найденной схемы могут моделироваться подобные, но ранее неисследованные течения.

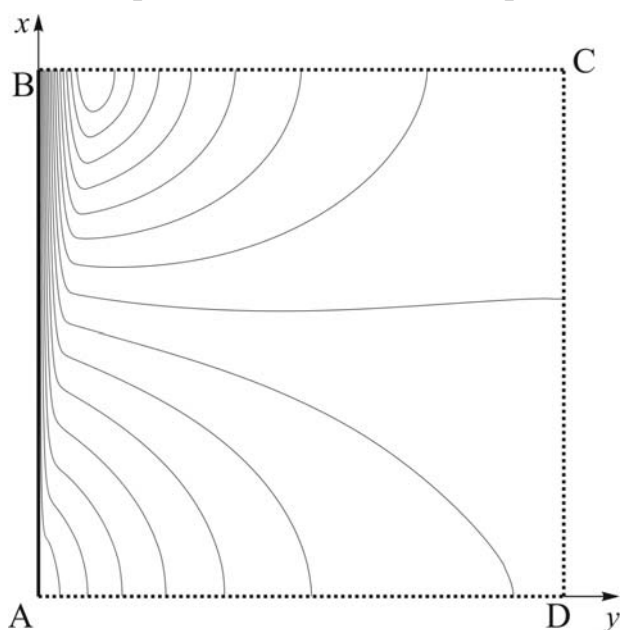


Рис. 1. Схема расчетной области и течения

В этой работе определяется численная схема решения задачи о естественной конвекции вдоль нагретой вертикальной пластины, дающая результаты, наиболее близкие к известным.

На первом этапе работы с вычислительным комплексом в препроцессоре *Gambit* строится исследуемая область и расчетная сетка в ней. Далее в процессоре *Fluent* устанавливаются граничные условия (рис. 1) и проводится решение.

На рисунке границы BCDA – проницаемы, AB – вертикальная равномерно нагретая стенка ($T=332,15\text{ K}$).

На рис. 2 приведено сравнение профилей скорости и температуры в продольном сечении течения у нагретой стенки, полученных численно, с результатами аналитического решения [7] и экспериментального исследования [8].

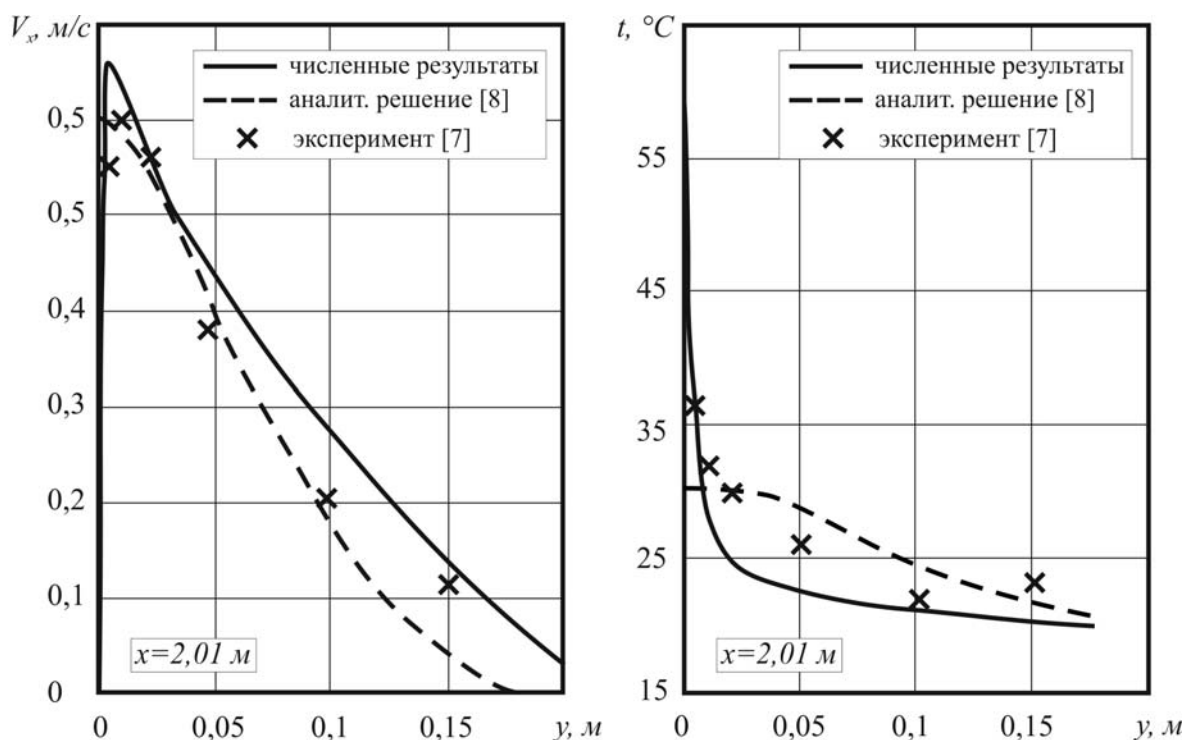


Рис. 2.

Видно хорошее совпадение результатов между собой, что позволяет говорить об адекватном компьютерном моделировании поставленной задачи.

В дальнейшем предполагается расширить применение данной численной схемы для решения задач о конвективных потоках у вертикальных нагретых поверхностей, заделанных вглубь и выступающих из окружающей стенки.

Библиографический список

1. Горских, Сергей Александрович. Моделирование взаимодействия плоских полуограниченных струй воздушных завес: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.03. Воронеж, 2003. 165 с.
2. Eckert E., Jackson T. Analysis of turbulent free convection boundary layers on flat plate // *NACA. TN 2207*. 1950.
3. Schmidt E., Beckmann W., with Pohlhausen E. // *Tech. Mech. Thermodyn.*, 1, 341, 391 (1930).
4. H. Schuh The solution of the laminar-boundary - layer equation for the flat plate for velocity and temperature fields for variable physical properties and for the diffusion field at high concentration // *NACA. TM 1275*. 1950.
5. Гебхарт Б., Джалурия И., Махаджан Р., Саммакия Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х кн. Кн. 1 / Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 678 с.
6. Martynenko O. G., Berezovsky A. A. and Sokovishin Yu. A. Laminar free convection from a vertical plate // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1984. Vol. 27. P. 869-881.
7. Шепелев, И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / И.А. Шепелев. М.: Стройиздат, 1978. 145 с.
8. Griffiths, Ezer, and Davis, A. H.: The transmission of heat by radiation and convection. Special Rep. No. 9, Food Investigation Board, British Dept. Sci. and Ind. Res., 1922.
9. Oleg G. Martynenko, Pavel P. Khramtsov Free-Convective Heat Transfer. With Many Photographs of Flows and Heat Exchange. Springer. 2005. 516 p.
10. B. Webb Interaction of radiation and free convection on a heated vertical plate-Experiment and analysis // *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*. 1990. Vol. 4. P. 117–121.
11. Miyamoto M., Katoh Y., Kurima J., Kurihara S., Yamashita K. Free convection heat transfer from vertical and horizontal short plates // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1985. Vol. 28. P. 1733-1745.

ГЕНЕРАТОР КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ ПОДВИЖНОГО ЭЛЕМЕНТА

Риянов Л.Н.

*Уфимский государственный авиационный технический университет
r.linar@mail.ru*

В последнее время наблюдается тенденция возрастания интереса к автономным источникам энергии, подтверждением служит появление значительного количества публикаций, патентов и опытных образцов во всем мире. Так с помощью малогабаритных и легких генераторов, дополненных выпрямителями, накопительными конденсаторами и преобразователями напряжения, повсеместно можно подзаряжать аккумуляторные батареи разнообразных маломощных потребителей, таких как сотовый телефон, фотоаппарат, КПК, ноутбук, а в перспективе и индивидуальную экипировку солдата будущего. Особый интерес проявляется к генераторам колебательного движения, которые позволяют использовать, окружающую нас, механическую энергию вибраций, толчков и т. п. Наиболее целесообразно использовать для этих целей генераторы с постоянными магнитами, при этом нет потерь энергии на возбуждение магнитного поля и существенно повышается автономность.

Генераторы колебательного движения представляют собой хорошо известные индуктивные преобразователи механической энергии в электрическую, вырабатываемую в соответствии с законом электромагнитной индукции при движении обмоток в магнитном поле постоянных магнитов. Однако КПД существующих преобразователей относительно низок и составляет $\sim 10\%$, частота возможных колебаний при ручном приводе составляет не более 7 Гц), развиваемые мощности — доли Вт, а стоимость опытных образцов непомерно высока. Но стоит отметить главную особенность подобных генераторов — они позволяют получить часть энергии, ранее недоступную.

До настоящего времени разрабатывались и применялись генераторы колебательного движения с одной степенью свободы, на кафедре электромеханики исследуется и разрабатывается новый электромеханический преобразователь с тремя степенями свободы подвижного элемента [1]. При научном поиске разработаны и исследованы различные конструкции электромеханических [2, 3].

Найдены новые технические решения, заключающиеся в том, что магнитная система генератора представляет собой полусферу, закрепленную на упругом стержне, что позволяет существенно увеличить КПД установки. Генератор колебательного движения с тремя степенями свободы подвижного элемента, т.е. позволяет использовать колебания с любого направления.

Генератор содержит корпус, на котором закреплена подвижная часть, представляющая собой постоянные магниты, жестко закрепленные на упругих стержнях, выполненные, например, из пружинной стали. Постоянные магниты, намагниченные таким образом, что на внешней поверхности находится северный полюс магнита, а на внутренней поверхности расположен южный полюс. По периметру корпуса расположены катушки.

Генератор работает следующим образом. Постоянные магниты на упругих стержнях представляют собой механическую колебательную систему с малым трением. При этом жесткость стержней достаточна, чтобы не допустить «провисания» постоянных магнитов относительно катушек. При возникновении внешних возмущений любого направления (например, удар, толчок, вибрации), происходит отклонение постоянных магнитов от точки равновесия, т.е. в механической системе возникают свободные или вынужденные колебания, причем направление и амплитуда которых зависит от внешнего возмущающего воздействия. По закону электромагнитной индукции в катушках наводится ЭДС, величина которой зависит от скорости движения подвижной части, числа витков в катушке и магнитного потока, пронизывающего катушку. Выводы от катушек через выпрямитель подключены к зарядному конденсатору, с которого снимается напряжение для питания электрической схемы.

Исследуется применение генератора колебательного движения с тремя степенями свободы подвижного элемента не только в качестве источника электрической энергии, но и датчика вибрации.

Разрабатываются совокупности математических моделей генератора колебательного движения с тремя степенями свободы подвижного элемента, учитывающих взаимосвязанные электромагнитные и механические процессы в установившихся периодических и динамических режимах.

Научное и прикладное значение имеют математические модели и закономерности работы генераторов колебательного движения с тремя степенями свободы подвижного элемента и методики их расчета. Они позволят создать систему электроснабжения маломощных потребителей. Также они позволяют получить часть энергии, ранее недоступную.

Библиографический список

1. Пат. 2402142 Рос. Федерация, МПК⁶ Н 02 К 35/02. Генератор / Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Саттаров Р.Р., Риянов Л.Н.; заявитель и патентообладатель Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. – № 2009141460/09; заявл. 09.11.2009; опубл. 20.10.2010, Бюл. № 21 (II ч.). 5 с.
2. Пат. 2312447 Рос. Федерация, МПК⁷ Н 02 К 35/00. Автономный источник электрической энергии с гидравлическим приводом / Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Шкитин Ю.И., Риянов Л.Н.; заявитель и патентообладатель Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. – № 2006122722/09; заявл. 26.06.2006; опубл. 10.12.2007, Бюл. № 24 (I ч.). 6 с.: ил.
3. Пат. 2426212 Рос. Федерация, МПК⁷ Н 02 К 35/00. Высокомомментный двигатель / Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Саттаров Р.Р., Риянов Л.Н.; заявитель и патентообладатель Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. 2009103530/07; заявл. 03.02.2009; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 27 (II ч.). 7 с.: ил.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ СУТОЧНОГО И НЕДЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ГЛАВНОГО КОРПУСА УЛГТУ

Ртищева А.С.

Ульяновский государственный технический университет

E-mail: al.rtisheva@mail.ru

Удорожание тепловой энергии делает необходимым повышение эффективности функционирования систем обеспечения микроклимата, что возможно при использовании автоматических систем управления.

В рамках работы по оптимизации теплопотребления, проводимой Ульяновским государственным техническим университетом (УлГТУ), было произведено моделирование работы систем обеспечения микроклимата здания в программном пакете TRNSYS v.1.6 и получены результаты численного исследования затрат тепловой энергии при реализации режимов суточного и недельного регулирования теплопотребления на примере здания учебного корпуса УлГТУ.

На рис. 1 представлена модель здания учебного корпуса УлГТУ. В модели было учтено, что в ночное время суток отсутствуют дополнительные теплопоступления. Адекватность созданной модели проверялась путем сравнения данных о потреблении тепловой энергии, полученных с помощью модели с данными теплосчетчика, установленного в учебном корпусе УлГТУ. При этом исходными данными для проведения численного исследования являлась средняя температура воздуха в здании, измеренная в течение месяца группой датчиков температуры, установленных в различных помещениях здания, а также метеоданные за исследуемый период. Расхождение результатов составило в среднем

8,4 %. С учетом погрешности теплосчетчика 3-4 % и погрешности математического эксперимента, которая составила 10 % можно считать, что результаты согласуются.

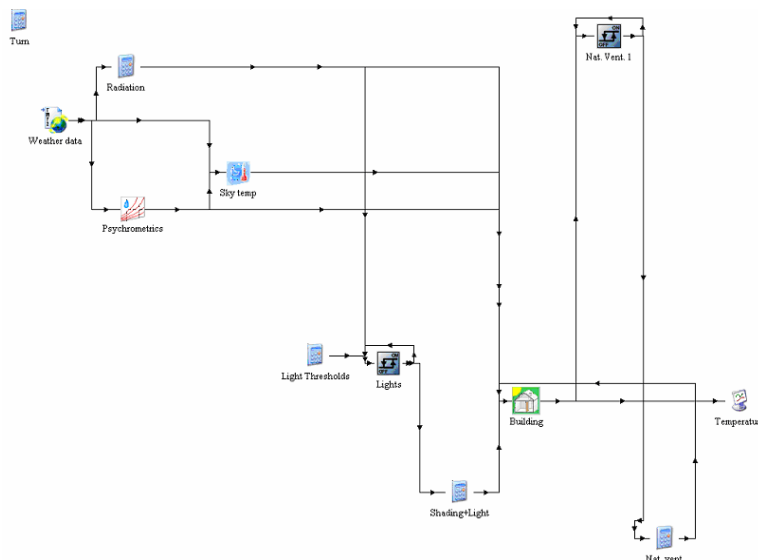


Рис. 1. Модель здания учебного корпуса УлГТУ, созданная в программном пакете TRNSYS

Моделирование режима суточного регулирования работы системы автоматического управления теплоснабжением здания учебного корпуса УлГТУ производилось в программе TRNbuild, входящей в состав программного пакета TRNSYS.

При этом температура внутреннего воздуха в помещениях здания устанавливалась на отметке 20 °С ежедневно с 7.00 до 20.00 и 15 °С с 20.00 до 7.00 следующего дня. Выбранные параметры были обусловлены тем, что в здании не используются дополнительные устройства для прогрева внутреннего воздуха перед началом рабочего дня, именно поэтому снижение температуры менее 15 °С не целесообразно. За один час до начала рабочего дня (8.00) температура воздуха в помещениях способна подняться на 1 °С при установке поддержания температуры на отметке 20 °С. При этом температура 16 °С признана минимальной температурой, соответствующей санитарным нормам для общественного здания. В течение рабочего дня, при увеличении подачи тепловой энергии и наличии дополнительных теплоступлений от людей, осветительных приборов, компьютерной техники, температура быстро достигнет комфортного значения 20 °С. В результате были получены данные о затратах тепловой энергии за один месяц (использовались метеоданные за декабрь) при использовании режима суточного регулирования теплоснабжения (рис. 2).

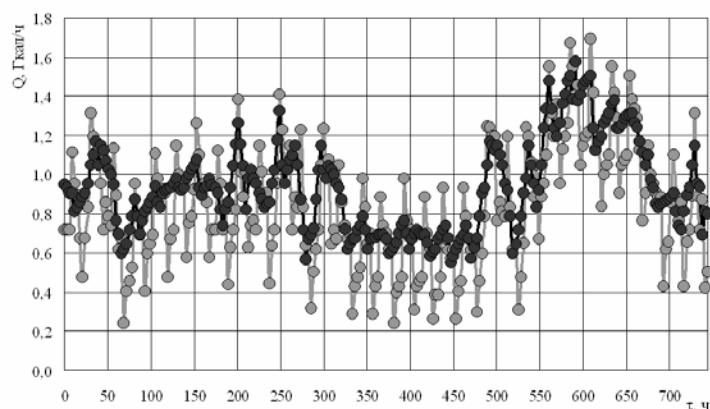


Рис. 2. Сравнение потребления тепловой энергии при наличии суточного регулирования теплотребления (серые точки) и без регулирования (черные точки)

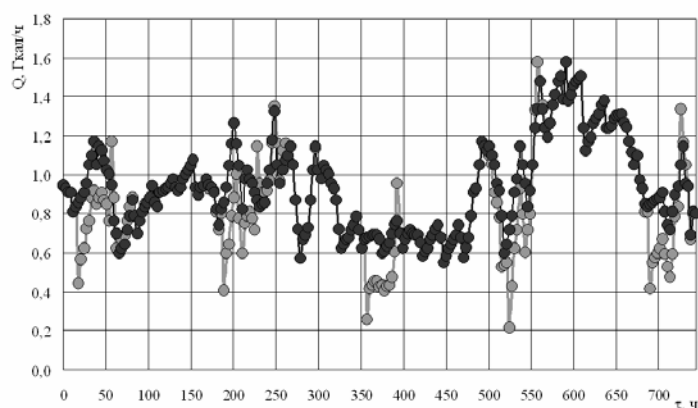


Рис. 3. Сравнение потребления тепловой энергии при наличии недельного регулирования теплотребления (серые точки) и без регулирования (черные точки)

Аналогичным образом производилось моделирование режима недельного регулирования. Температура внутреннего воздуха в помещениях здания устанавливалась на отметке 20°C в рабочие дни, с субботы с 20.00 до понедельника 7.00 устанавливалась температура 15°C . В результате также были получены данные о затратах тепловой энергии за тот же период при использовании режима недельного регулирования теплотребления (рис. 3).

Затраты тепловой энергии при реализации совместного суточного и недельного регулирования приведены на рис. 4.

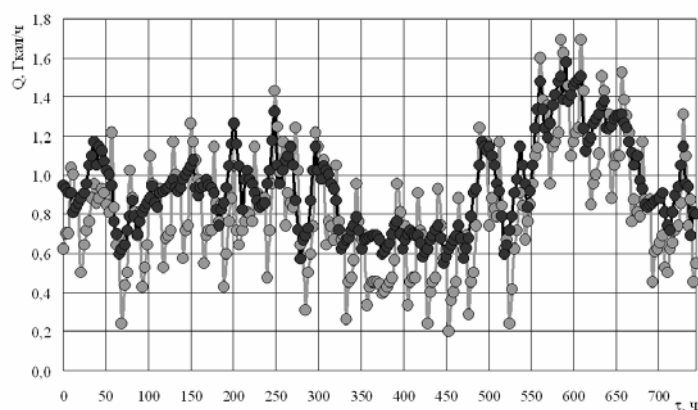


Рис. 4. Сравнение потребления тепловой энергии при наличии суточного и недельного регулирования теплотребления (серые точки) и без регулирования (черные точки)

Все полученные результаты сравнивались с затратами тепловой энергии при реализации режима погодного регулирования работы системы автоматического управления теплоснабжением. Это означает что сравнение затрат энергии производилось с режимом постоянного поддержания в здании комфортной температуры на отметке 20 °С. Как показано в работах [1, 2], эффективность погодного регулирования теплоснабжения в здании учебного корпуса УлГТУ составила в среднем за отопительный сезон 17,5 % сэкономленной тепловой энергии.

Результаты численного исследования показали, что режим суточного регулирования позволяет снизить потребляемую тепловую энергию на 9,7 %. Реализация режима недельного регулирования – на 6 %. Совместная реализация суточного и недельного регулирования позволяет экономить до 11,8 % тепловой энергии, затрачиваемой на отопление.

Библиографический список

1. Ртищева А.С. Моделирование теплового режима и оптимизация теплоснабжения здания высшего учебного заведения // Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении : материалы 5-й науч.-техн. конф. Казань, 2006. С. 247-250.
2. Ковальногов Н.Н. Автоматизированная система оптимального управления отоплением учебного заведения / Н.Н. Ковальногов, А.С. Ртищева, Е.А. Цынаева // Проблемы энергетики. 2007. № 3-4. С. 100-106.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ЗДАНИЯ ГЛАВНОГО КОРПУСА УЛГТУ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, РЕГУЛИРУЕМОЙ ПО ПОТРЕБНОСТИ

Ртищева А.С.

Ульяновский государственный технический университет

E-mail: al.rtisheva@mail.ru

В целях повышения эффективности работы систем вентиляции в последние годы, как и за рубежом, применяют системы вентиляции, регулируемые по потребности (Demand control ventilation DCV). Оборудование для DCV производит компания «Systemair». Система вентиляции, регулируемая по потребности, обеспечивает расход воздуха, соответствующий текущему потреблению. Благодаря этому энергия расходуется только на поддержание заданного уровня комфорта. При уменьшении потребности скорость вентиляторов снижается автоматически.

Следует отметить, что применение систем вентиляции, регулируемых по потребности, экономит не только электрическую энергию, а также тепловую энергию, затрачиваемую на отопление здания, так как тепловые потери при работе систем вентиляции являются одними из наиболее существенных.

В рамках работы по оптимизации теплоснабжения, проводимой Ульяновским государственным техническим университетом (УлГТУ), было произ-

ведено моделирование работы систем обеспечения микроклимата здания главного корпуса УлГТУ в программном пакете TRNSYS v.1.6 и получены результаты численного исследования затрат тепловой энергии в условиях функционирования системы вентиляции, регулируемой по потребности.

Моделирование работы системы вентиляции производилось в программе TRNbuild, входящей в состав программного пакета TRNSYS [1, 2]. При этом температура внутреннего воздуха в помещениях здания устанавливалась на отметке 20 °С, расчетное значение кратности воздухообмена составило 0,6. Моделировался режим в условиях, когда кратность воздухообмена поддерживалась постоянной и режим, когда вентиляторы были отключены в промежутке времени с 20.00 до 8.00 ежедневно, а также в выходные дни, начиная с субботы с 20.00 до понедельника 8.00.

На рис. 1-4 представлены метеоданные за исследуемый период.

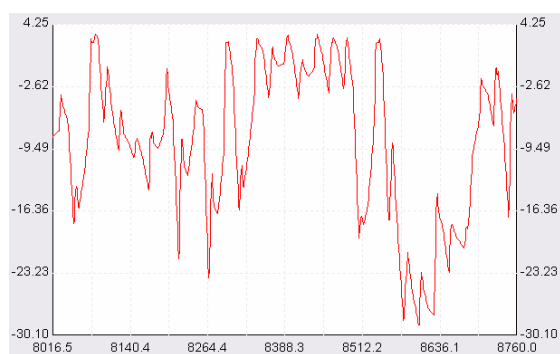


Рис. 1. Температура воздуха за исследуемый период (декабрь)

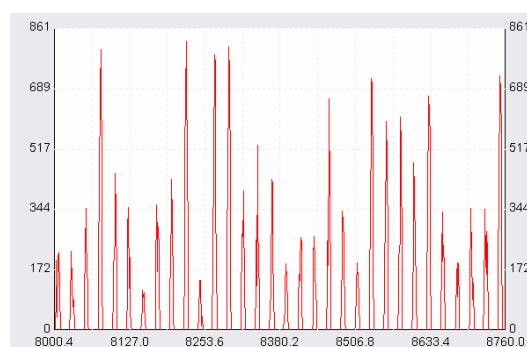


Рис. 2. Солнечная радиация за исследуемый период (декабрь)



Рис. 3. Скорость ветра за исследуемый период (декабрь)

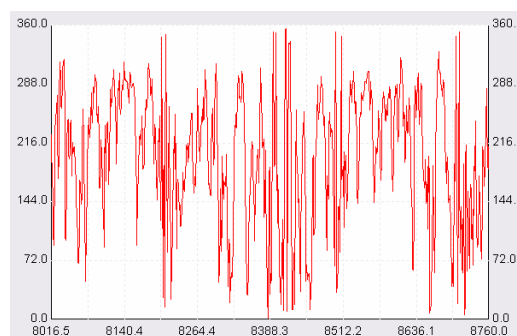


Рис. 4. Направление ветра за исследуемый период (декабрь)

На рис. 5, 6 представлены результаты численного исследования теплопотребления, полученные с помощью программного пакета TRNSYS.

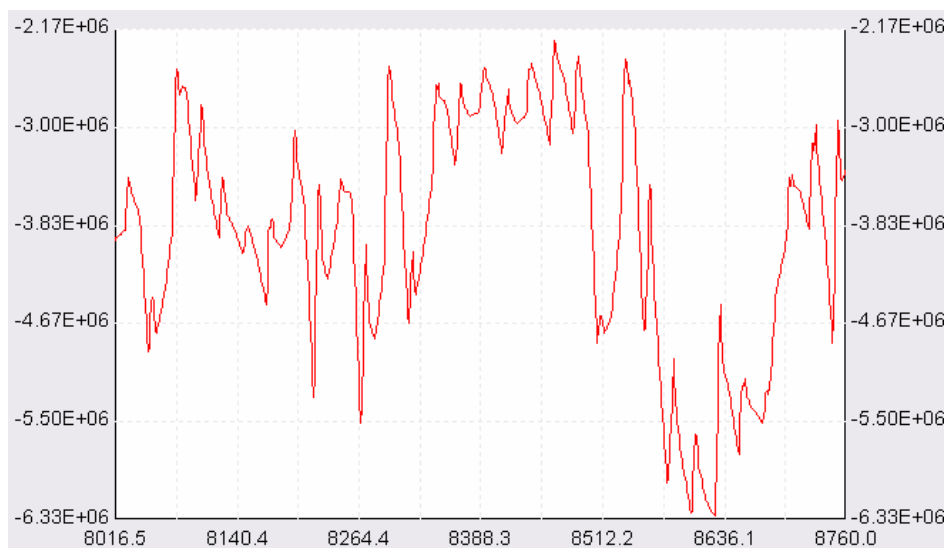


Рис. 5. Теплотребление (в ГДж/ч) при условии поддержания постоянной кратности воздухообмена

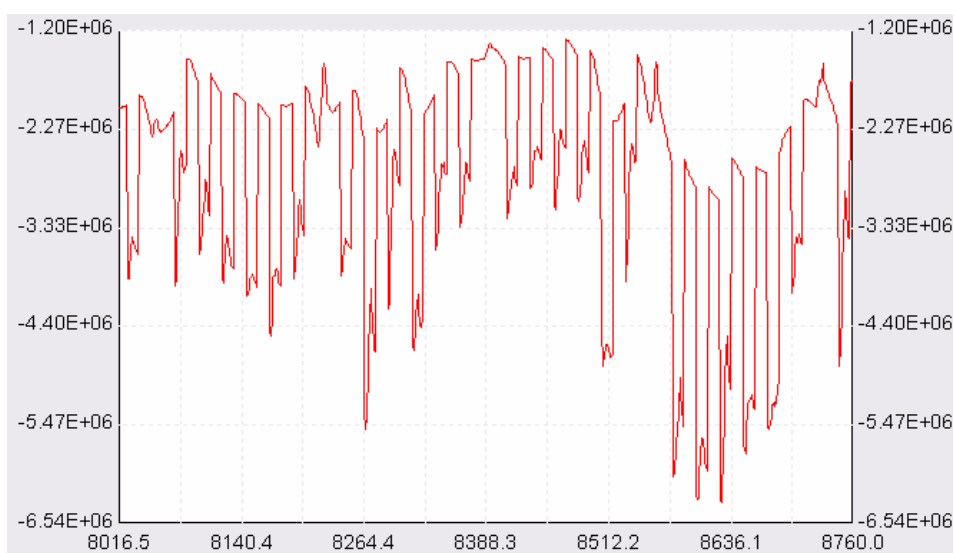


Рис. 6. Теплотребление (в ГДж/ч) при условии регулирования вентиляции по потребности

На рис. 7, 8 представлены графики теплотребления, представляющие сравнение двух рассмотренных режимов.

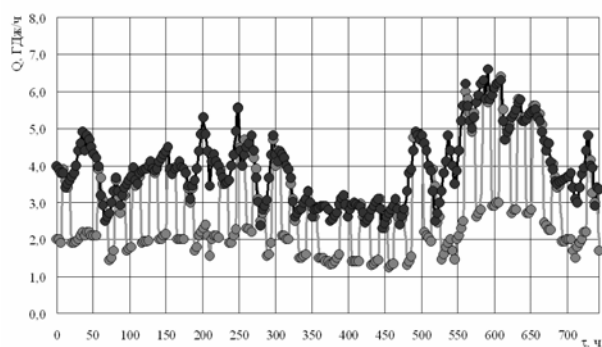


Рис. 7. Сравнение потребления тепловой энергии (в ГДж/ч) при наличии регулирования по потребности вентиляции (серые точки) и без регулирования (черные точки)

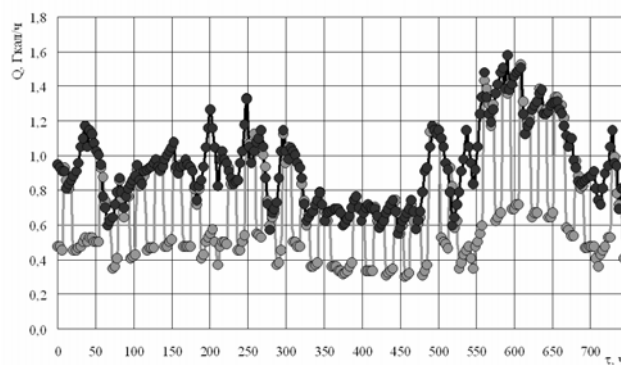


Рис. 8. Сравнение потребления тепловой энергии (в Гкал/ч) при наличии регулирования по потребности вентиляции (серые точки) и без регулирования (черные точки)

Результаты численного исследования показали, что режим регулирования вентиляции по потребности дает возможность сэкономить порядка 27,5 % тепловой энергии, затрачиваемой на отопление.

Библиографический список

1. Ртищева А.С. Использование программного пакета TRNSYS для моделирования теплового состояния здания / А.С. Ртищева // Актуальные проблемы науки в России: материалы международной науч.-практ. конф. Кузнецк, 2009. Вып. 6. Т. 3. С. 103-105.
2. Ртищева А.С. Создание моделей теплового состояния здания с помощью программного пакета TRNSYS / А.С. Ртищева // Наука. Технологии. Инновации: материалы науч. конф. Новосибирск, 2009. С. 80-82.

УЛУЧШЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ШЛИКЕРОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ ДОБАВОК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Русинова Е.О., Турлова О.В.
УрФУ, e-mail: olga240585@rambler.ru*

Одной из актуальных проблем в керамической промышленности является снижение влажности глинистых суспензий при сохранении подвижности. Решить эту задачу энерго- и ресурсосбережения можно с помощью введения различных разжижающих добавок.

В данной работе объектом исследования является разжижающий комплекс, состоящий из жидкого стекла и серии добавок Литопласт 1М-5М компании «Полипласт Новомосковск», Россия.

Цель исследования – изучение влияния новой комплексной добавки на разжижение массы сложного минерального состава. В серию «Литопласт М» входят пять видов разжижителей различной органической природы и физико-химическими свойствами, эффективность действия которых зависит от минералогического состава сырьевой смеси. Данные разжижители представляют собой комплексы поверхностно-активных веществ направленного синтеза (за счет химического модифицирования полиметиленафталинсульфонатов).

В результате исследовательской работы установлено:

- наибольшим разжижающим действием обладает комплекс, состоящий из жидкого стекла и 0,1 % Литопласта 3М;
- новый комплекс превосходит традиционный (жидкое стекло + сода) по степени разжижения шликера;
- применение нового комплекса позволит получить подвижную суспензию с коэффициентом загустеваемости около 1,5;
- применение Литопласта 3М в комплексе с жидким стеклом позволит снизить рабочую влажность шликера примерно на 3 %, за счет этого снизить затраты на воду, время сушки и значительно сократить энергозатраты, связанные с удалением влаги при сушке.

Снижение влажности шликера ведет за собой увеличение срока службы и оборачиваемости гипсовых форм при литье.

Таким образом, использование комплексной добавки с Литопласт 3М в керамических шликерах позволит сберечь не только ресурсы, но и энергию.

КЕРАМИЧЕСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ ГЛИН, СОДЕРЖАЩИХ КАРБОНАТЫ

*Рябченко Р.А., Иванова А.В.
УрФУ*

В производстве керамического строительного кирпича наиболее тепло, и энергоемкими технологическими операциями являются сушка и обжиг.

Для глин определенного минералобиологического состава, содержащих преимущественно монтмориллонит, сушка сырца даже при самых мягких режимах (высоком расходе теплоносителя и значительной, более 90 ч, продолжительности сушки) не дает положительных результатов.

Для облегчения сушки в состав формовочных масс обычно вводят разнообразные отошители, чаще всего кварцевый песок и бой изделий. Но это приводит к снижению прочности изделий после обжига.

Исследовали технологические характеристики глины, преимущественно монтмориллонитовой по минеральному составу. Глина содержит значительное (для кирпичных глин) количество частиц размером менее 1 мкм (32 %) и отличается высоким (>15 %) содержанием тонкодисперсного карбоната кальция. Такое содержание карбонатов отрицательно влияет на формирование структуры при обжиге и снижает прочность изделий.

Для регулирования минерального состава смеси в ее состав вводили каолинитовую глину. В качестве отошителя использовали брак обожженных изделий. Для повышения формовочных свойств добавляли органические пластификаторы.

Предложенный состав смеси позволит интенсифицировать процесс сушки при повышении качества сухого полуфабриката и повысить прочность изделий после обжига.

РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ, АНАЛОГОЦИФРОВЫХ И ЦИФРОАНАЛОГОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*Савченко О.В., Крашенина Д.И., Самойлов А.А.
УрФУ, E-mail: M38072@mail.ru*

Вычислительные устройства нашли широкое применение в науке и технике. В свою очередь, энерго- и ресурсосбережение в области электроники предполагает всестороннее знание явлений, происходящих, в том числе, при работе микропроцессорных устройств. Данные знания позволяют достичь лучших результатов при разработке, изготовлении и практическом использовании этих устройств. Удовлетворительная подготовка специалистов для эффективной работы в области энерго- и ресурсосбережения может быть осуществлена с учетом передового опыта, накопленного в России и других странах, предполагающего достаточно широкое использование в процессе обучения информационных технологий. Применение в процессе обучения информационных техно-

логий, в свою очередь, характеризуется высокой динамикой, разработкой все более совершенных приложений для моделирования электронных устройств. Поэтому темой выбрана разработка методического пособия для изучения устройств электроники в вузе в одной из последних версий моделирующей программы Multisim.

Основными частями данного методического пособия являются следующие разделы:

- 1) исследование арифметико-логического устройства в режиме сложения;
- 2) исследование арифметико-логического устройства в режиме вычитания;
- 3) исследование арифметико-логического устройства в режиме умножения;
- 4) исследование арифметико-логического устройства в режиме деления;
- 5) исследование арифметико-логического устройства в режиме выполнения логических операций;
- 6) исследование аналого-цифровых преобразователей;
- 7) исследование цифро-аналоговых преобразователей.

Разделы указаний состоят из целевой установки выполнения работы, перечня оборудования, используемого при проведении эксперимента, кратких теоретических сведений, из описания порядка проведения и изложения результатов соответствующего эксперимента.

Эта работа, по нашему мнению, может послужить более глубокому и полному изучению теории устройств электроники, что, в свою очередь, обусловит достижение более высоких результатов в области энерго- и ресурсосбережения в машиностроении, электроэнергетике и других областях науки и техники.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПОТОКАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ

*Самойленко В.О., Паздерин А.В.
УрФУ, vedmed@el.ru, pav@daes.ustu.ru*

Вопросы энергетической эффективности выходят сегодня на первое место во всех отраслях ТЭК. Известно, что повышение энергоэффективности должно начинаться с создания высокотехнологичной системы измерения и учета энергоресурсов, которая позволяет совершенствовать систему финансовых взаиморасчетов между сторонами. В настоящее время идет активный процесс создания автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета энергетических ресурсов (АИИС КУЭ).

Основой транспорта большинства видов энергоресурсов является развитая сетевая инфраструктура. Наличие трубопроводов, теплотрасс и электрических сетей как элементов данной инфраструктуры делает схожими нефтегазовую отрасль, теплоэнергетику и электроэнергетику. Как следствие, схожи и математические модели при исследованиях в данных областях, хотя физическая сущность процессов различна. Систему транспорта энергоресурсов можно представить в виде графа, узлами которого являются производители и потреби-

тели, а ветви являются транспортными магистралями (линии электропередачи, трубопроводы и тепломагистрали).

В статье представлен математический метод контроля достоверности измерений в сети транспорта энергоресурсов, являющийся практическим применением теории оценивания состояния и задачи энергораспределения [1].

В произвольной сети (рис. 1) с некоторым количеством узлов и ветвей существуют узловые инъекции энергоресурса от производителей (электроэнергия, теплоноситель, поток газа и др.), расход энергоресурса в узлах потребления, перетоки по ветвям (по линиям электропередачи или трубопроводам) и потери в них.

Потери энергоресурса в транспортной ветви определяются спецификой конкретного вида энергоресурса и физической сущностью процесса передачи.

Символом «X» обозначено наличие и место установки измерительного комплекса энергоресурса. В любой момент времени в сети существует баланс.

Любой измерительный комплекс обладает определенной погрешностью, поэтому баланс в узле по данным измерений не выполняется, а величины потоков не совпадают с расчетными. Задачей энергораспределения является минимизация суммы квадратов относительных ошибок измерений:

$$F = \sum_{i=1}^K r_i \left(\frac{E_i^{meas} - E_i^{calc}}{E_i^{meas}} \right)^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где E_i^{tr} – измеренные величины; E – вычисленные величины; r_i – коэффициенты доверия измерению, обратно пропорциональные квадрату ошибки δ_i измерительного комплекса:

$$r_i = \frac{1}{(\delta_i)^2}, \quad (2)$$

Задача энергораспределения – типичная задача нелинейного программирования, решаемая соответствующими методами [2].

В матричном виде систему уравнений для всех измерений можно представить:

$$\mathbf{H} \cdot \mathbf{E}^{calc} = \mathbf{E}^{meas}, \quad (3)$$

где \mathbf{H} – матрица наблюдаемости.

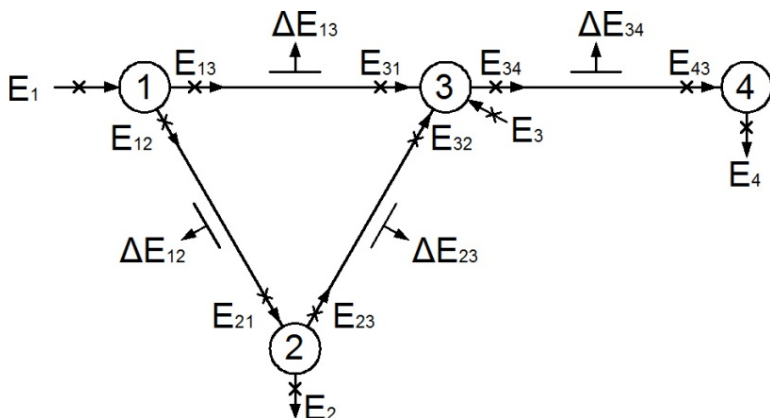


Рис. 1. Сеть

В теории оценивания состояния доказывается, что для обеспечения наблюдаемости схемы число измерительных комплексов должно быть не меньше

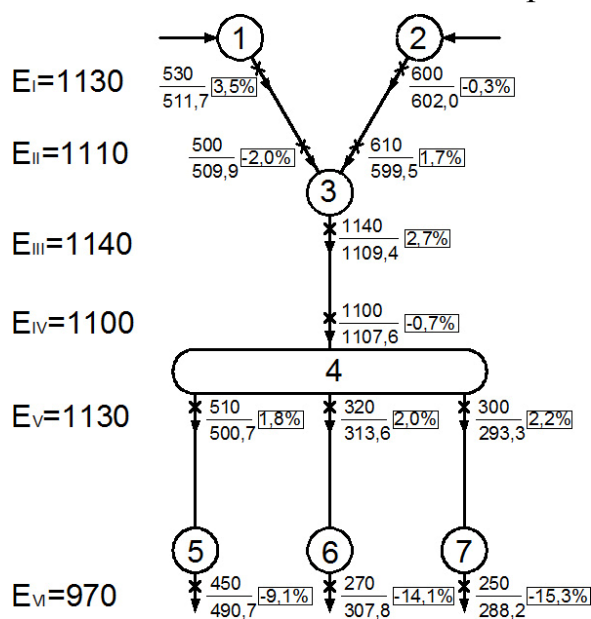


Рис. 2. Тестовая схема

числа ветвей в схеме. Данный вывод представляет интерес с точки зрения определения оптимальных мест установки измерительных комплексов в системе [3].

Пример оценивания состояния приведен на рис. 2. Исходная картина измерений по данным соответствующих измерительных комплексов представлена параметрами в числителе. Слева представлены суммарные значения перетока по ветвям на разных уровнях схемы. Ввиду наличия погрешностей измерительных комплексов балансы энергоресурса в схеме не выполняются, а сопоставление втекающих и вытекающих потоков приводит к результатам, противоречащим здравому смыслу и закону сохранения энергии. При решении задачи картина измерений сглаживается, балансы выполняются (числа в знаменателе, указана разница с исходным значением в процентах). Такие данные пригодны для дальнейшего использования. При наличии расчетных данных о технологических потерях разница между фактическими потерями и технологическими будет являться коммерческими потерями [4].

Одной из важнейших проблем является также идентификация недостоверных данных. Метод контроля достоверности позволяет фильтровать плохие данные на стадии сбора информации [5].

Представленный в статье метод позволяет осуществить ряд полезных функций перспективной измерительной системы.

1. Повысить достоверность измерений энергоресурсов (электроэнергия, газ, нефть, теплоноситель), транспорт которых осуществляется с помощью сетевой инфраструктуры.

2. Выбор оптимальных точек установки измерений энергоресурсов на основе теории оценивания состояния.

3. Сглаживание неточных измерений и незначительных несоответствий в показаниях группы измерительных комплексов для получения соответствия.

4. Обнаружение недостоверных данных с возможностью их повторного запроса, а также обнаружение источника недостоверной информации и сигнализация о неисправности в системе. Оценка уровня коммерческих потерь.

Представленный метод может лечь в основу высокотехнологичных систем измерения и учета энергоресурсов нового поколения.

Библиографический список

1. Solution of energy flow problem using state estimation technique // 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society. Porto. Portugal. 2009. P. 1750-1755.

2. Pazderin A.V., Plesnyaev E.A. Analysis of the Computation Techniques for Energy Flow Problem Solving // Proceedings IEEE Conference «Computer as a Tool» (EURO 2005). Belgrade. Serbia & Montenegro. 2005. P. 589-593.
3. Егоров. А.О. Расстановка измерительных комплексов электроэнергии в сетях на основе теории наблюдаемости. Екатеринбург, 2007.
4. Паздерин А.В. Локализация коммерческих потерь электроэнергии на основе решения задачи энергораспределения // Промышленная энергетика. 2004. № 9. С. 6–20.
5. Паздерин А.В. Способы повышения достоверности измерительной информации систем учета электрической энергии // Изв. вузов. Проблемы энергетика. 2004. № 11–12. С. 79-87.

ПРИМЕНЕНИЕ ОШИПОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

*Самоделкин С.И., Краснова Н.П.
Самарский государственный технический университет
krasnova_pt@rambler.ru*

Интенсификация теплообмена является одним из основных направлений развития и усовершенствования тепловых агрегатов. Для улучшения характеристик теплоэнергетического оборудования необходимо разрабатывать новые конструкции теплообменных аппаратов: увеличивать эффективность теплообменных поверхностей, применять современные подходы к проектированию теплообменных аппаратов, создавать новые технологии их производства.

Нашли свое распространение различные способы интенсификации теплообмена в конвективных поверхностях: установка оребренных водогрейных труб, нанесение шероховатости или серии углублений, выступы различной формы, шипы и т. д.

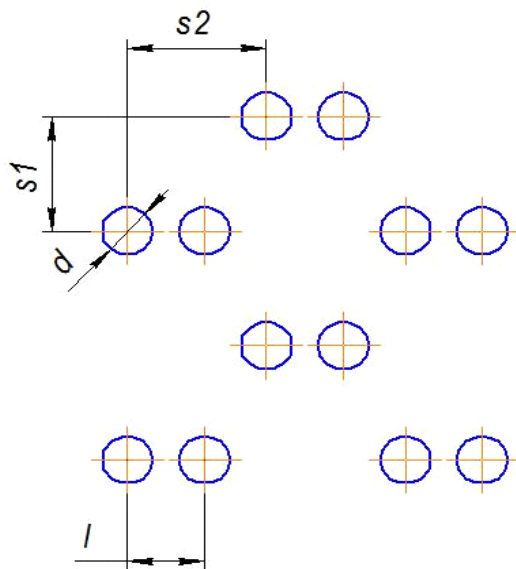
Способ интенсификации теплообмена с применением ошипованной поверхности является одним из самых перспективных, поскольку при его реализации существует опережающий рост относительного коэффициента теплоотдачи по сравнению с ростом относительного коэффициента сопротивления. За основу принципа расположения шипов в конвективных поверхностях нагрева теплогенераторов выбраны исследования характера движения потока через пучки водогрейных труб.

Для осуществления эффективного теплообмена наибольшую роль играет способ размещения интенсифицирующих элементов на поверхности, расстояния между ними, геометрические характеристики.

Характеристикой ошиповки, по аналогии с водогрейными трубами, являются поперечный шаг s_1 (расстояние между осями шипов в направлении, поперечном потоку жидкости) и продольный шаг s_2 (расстояние между осями соседних двух рядов шипов, расположенных один за другим в направлении течения жидкости). Помимо s_1 и s_2 шипы характеризуются внешним диаметром и количеством рядов шипов по ходу жидкости. Для определенной ошиповки шаги s_1 и s_2 и диаметр d обычно являются постоянными, не изменяющимися как поперек, так и вдоль течения жидкости.

На кафедре «Промышленная теплоэнергетика» Самарского государственного технического университета проводятся исследования по применению

сдвоенного расположения цилиндрических шипов на расстоянии половины диаметра шипа друг от друга (рисунок), а также их коридорная или шахматная расстановка в канале с различным шагом.



Пример сдвоенной ошиповки конвективных поверхностей в шахматном расположении

Преимущества этого способа интенсификации теплообмена заключаются в следующем:

- цельность конструкции;
- увеличение поверхности теплообмена;
- простота изготовления (качество сварки на современном оборудовании позволяет создать ошиповку на высоком уровне);
- большой теплосъем из-за высокого коэффициента теплопроводности стали,

равного 47...52 Вт/(м·К), и др.

Поверхности, ошипованные таким образом, могут найти свое применение в теплообменниках различного назначения, в том числе для химически агрессивных сред, с теплоносителями малых коэффициентов теплоотдачи, в воздушных экономайзерах и т. д.

ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ЭКСПРЕСС-ОБСЛЕДОВАНИЕ ИЗОЛЯТОРОВ ЭЛЕКТРОЦЕХА УрФУ

Сарбасов А.Ж., магистрант Карагандинский ГТУ, Казахстан

e-mail: mail_saj@mail.ru

Велькин В.И., УрФУ

29 ноября 2011 года поступил запрос на проверку ЛЭП напряжением 35 кВ, с целью обнаружения утечек на изоляторах марки ИП 35/400-7,5, УХЛ, Т2. Заказчик (ЭПК УрФУ) предъявил поставщику претензию на несоответствующий нормальной работе звук в районе изоляторов и на характерный запах озона, при которых обычно и происходят утечки. Выход из строя ЛЭП мог привести к обесточиванию части микрорайона Втузгородка.

Была поставлена задача осуществить экспресс проверку состояния оборудования электроцеха на перегрев линии ЛЭП. Поиск участков перегрева ЛЭП выполнялся с помощью тепловизора Testo 880.

Тепловизор марки «Testo 880» позволяет выполнять фототепловизионную съемку, обладает функцией автоматического распознавания горячей/холодной точки, выделяет горячие и холодные точки на ИК-изображении непосредственно на дисплее тепловизора. Таким образом, можно легко определить самые горячие/холодные точки объекта и провести измерения прямо на месте.

В комплекте с тепловизором поставляется профессиональное программное обеспечение, при помощи которого возможно провести полный анализ и диагностику термограмм, редактировать и анализировать одновременно несколько ИК-изображений, осуществлять документирование с соотнесением термограмм и реальных снимков в отчетах. Для получения уточненных результатов анализа можно откорректировать коэффициенты излучения отдельных материалов, вплоть до индивидуальных пикселей для какого-либо сегмента ИК-изображения, а также легко и быстро создавать многостраничные термографические документы-отчеты. Прикладное программное обеспечение содержит шаблоны для упрощения процесса создания отчетов.

Тепловизор Testo 880 обладает следующими характеристиками (таблица)

Технические характеристики тепловизора Testo 880

Диапазон измерений температуры, °С	от –20 °С до +350 °С
Детектор	Неохлаждаемая микроболометрическая матрица 160×120
Погрешность измерения температуры	±2 °С, но не менее ±2 %
Спектральный диапазон	8-14 мкм
Условия эксплуатации: Температура окружающей среды, относительная влажность	–30...+60 °С, 20–80 % без конденсации

Контроль состояния ЛЭП и измерения температуры изоляторов тепловизором проводились с 13 до 14 час. в электроцехе УрФУ. На рис. 1 представлен внешний вид изоляторов.

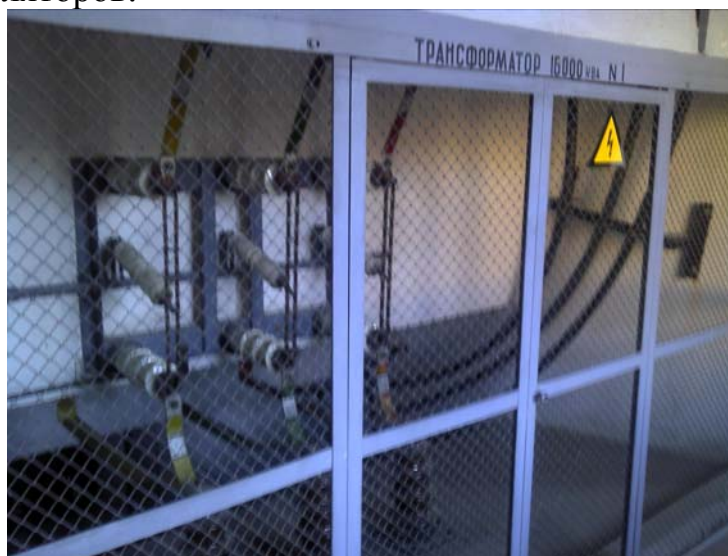


Рис. 1. Внешний вид изоляторов марки ИП 35/400 -7,5, УХЛ, Т2

Проведение измерений осложнялось повышенной электроопасностью объекта, осуществлялось в присутствии руководства электроцеха и ответственного, разрешающего допуск на объект. Тепловизор позволял выполнять замеры дистанционно и получать «картинку» температурного состояния работающего оборудования в режиме «on-line».

На рис. 2 и 3 представлен сам изолятор и его термограмма.



Рис. 2. Внешний вид изолятора марки ИП 35/400-7,5, УХЛ, Т2

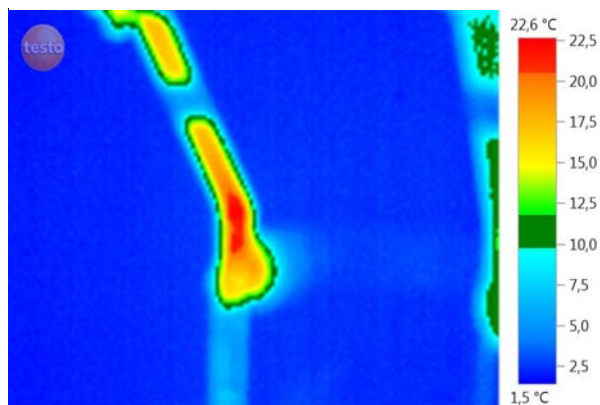


Рис. 3. Термограмма изолятора марки ИП 35/400 -7,5, УХЛ, Т2

В результате экспресс-тепловизионного обследования утечек через изоляторы обнаружено не было.

Таким образом, тепловизионное обследование позволило быстро исключить вероятную причину нехарактерного звука работы изолятора и запах озона, предположительно связываемые с их перегревом. Для дальнейшего выявления проблемы необходимо провести обследование на участках ЛЭП.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Семенина Е.А., Попов А.В.

ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»

С принятием Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», энергосбережение и энергоаудит стали весьма актуальными вопросами для бюджетных учреждений, поскольку они обязаны сокращать потребление энергетических ресурсов и проводить энергетическое обследование с периодичностью один раз в пять лет. Кроме того, с учетом неуклонного роста цен на энергоресурсы мало кто не задумывается над вопросом как сэкономить средства на их оплату.

В Свердловской области насчитывается около девяти тысяч бюджетных организаций, финансируемых как из областного, так и муниципальных бюджетов. В среднем, на оплату энергетических ресурсов, потребляемых этими организациями, расходуется порядка 10 млрд руб. в год. В связи с актуальностью вопроса одним из основных направлений деятельности ГБУ СО «Институт энергосбережения» стали энергетические обследования бюджетных учреждений, с разработкой мероприятий по снижению энергопотребления.

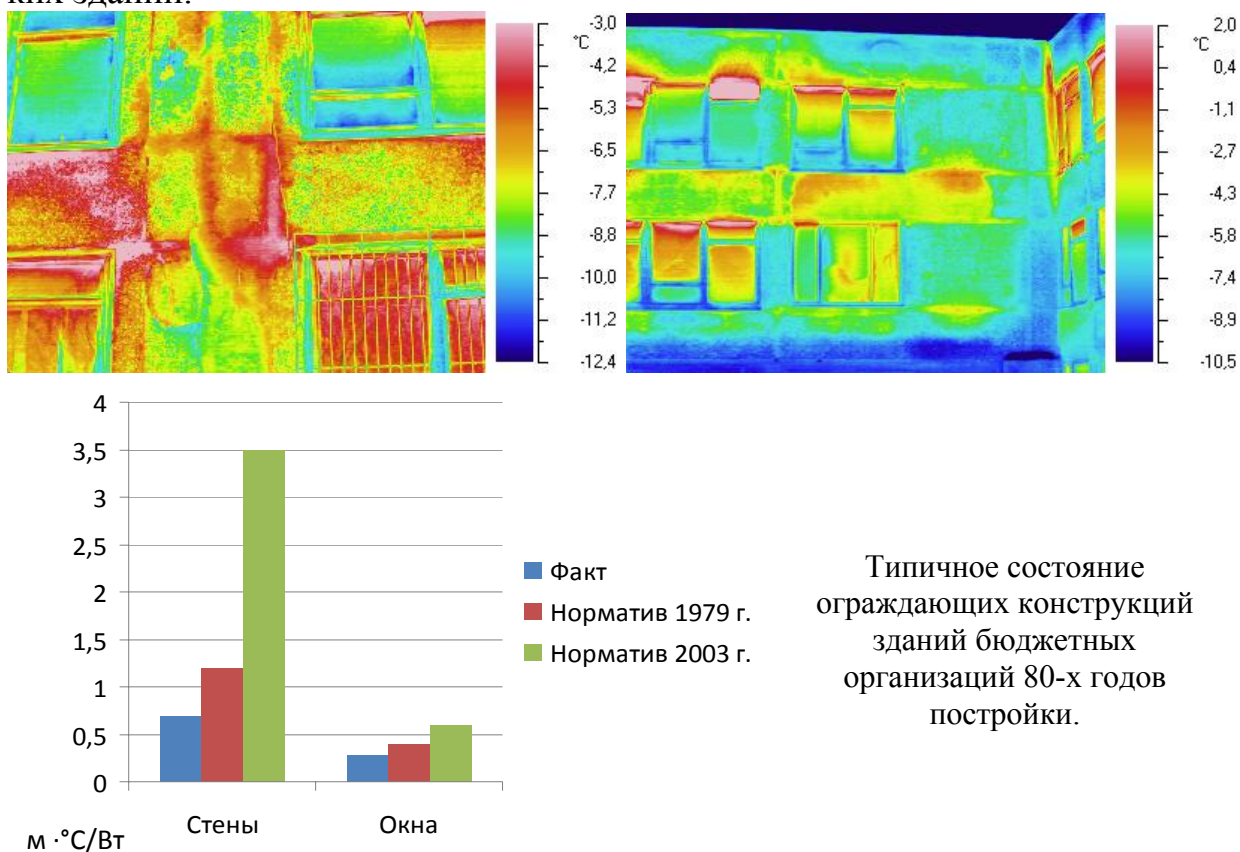
Квалификация специалистов, современное оборудование для проведения энергетических обследований позволяет проводить детальные энергетические обследования объектов.

Самые распространенные мероприятия в системах теплоснабжения – это восстановление неработающих приточных вентиляционных установок, промывка и гидравлическая регулировка системы теплоснабжения, установка сис-

темы автоматического регулирования тепловой энергии (САРТ), позволяющая снижать теплопотребление до 15 %, установка приборов коммерческого учета и контроля текущих параметров теплоносителя. В некоторых случаях, удается находить мероприятия, практически не требующие инвестиций, но приносящие серьезную экономию. Так, например, для современного спортивного комплекса с бассейном выявлено организационное мероприятие, позволяющее экономить более 1 млн руб. в год, с практически нулевыми капитальными затратами.

В связи с общей тенденцией повышения энергетической эффективности, которая присуща и строительной отрасли, достаточно популярным становится тепловизионное обследование зданий, которое позволяет наиболее эффективным образом выявить дефекты в теплоизоляции и добиться существенной экономии при проведении строительной экспертизы.

Результаты тепловизионного обследования целого ряда серий зданий различного назначения 80-х годов постройки показали явное несоответствие теплотехнических характеристик ограждающих конструкций не только современным требованиям, но и требованиям нормативных документов 80-х годов (рисунок). Специалистами разработаны и предложены мероприятия по санации таких зданий.



Типичное состояние ограждающих конструкций зданий бюджетных организаций 80-х годов постройки.

Большое количество обследований систем электроснабжения и электропотребления бюджетных организаций, в том числе в сфере образования (школы, детские сады) и здравоохранения (больницы, поликлиники), позволяют сделать ряд заключений о состоянии электрохозяйства в указанных учреждениях. По результатам аудита с применением современных точных инструментальных измерений параметров питающей сети и потребителей электроэнергии были

разработаны мероприятия для снижения потребления электроэнергии и повышения ее качества. В большинстве случаев оборудование распределительных щитов, электропроводка имеют возраст 20-30 и более лет, из-за старения оборудования и изоляции резко возрастает вероятность аварий, включая пожароопасные короткие замыкания, увеличиваются потери электроэнергии. В системе освещения зданий велик процент использования ламп накаливания, на которые приходится до 60 % электроэнергии, расходуемой на нужды освещения. Замена ламп накаливания на энергосберегающие позволяет снизить потребление энергии с 60 % до 10-12 %. Используемые достаточно экономичные люминесцентные лампы управляются с помощью дроссельных пускорегулирующих аппаратов (ПРА), которые сами потребляют существенное количество электроэнергии и снижают $\cos \phi$. В зданиях с большим количеством светильников с дроссельными ПРА $\cos \phi$ падает до 0,7-0,8. Использование электронных ПРА вместо дроссельных позволяет снизить потребление электроэнергии люминесцентными светильниками на 15-20 %; кроме того, увеличивается срок службы лампы в 1,5 раза; $\cos \phi$ возрастает до 0,97-0,98. В больницах и школах большинство потребителей электроэнергии однофазны. При неравномерном распределении однофазных нагрузок по фазам возникает несимметрия фазных токов, которая приводит к возникновению токов, иногда значительных, в нулевом проводе (в контуре заземления) и создает дополнительные потери электроэнергии.

Особо следует остановиться на искажении формы тока существенно нелинейными приемниками (источниками света, полупроводниковыми преобразователями и пр.). Искаженная форма тока может быть представлена как совокупность определенного количества частот, кратных 50-ти, которые могут быть добавлены к синусоиде 50 Гц для получения существующей формы тока. Высшие гармоники (третья – 150 Гц, пятая – 250 Гц и т.д.) вызывают дополнительную вибрацию в двигателях постоянного тока, снижая ресурс их эксплуатации, повышают потери на нагрев двигателя, снижение изоляционных свойств материалов, повышение потерь в обмотках и магнитопроводе трансформатора, что приводит к выходу трансформатора из строя, перегрев конденсаторов и увеличение тока через них, что снижает срок службы. Кроме того, возможны сбои в работе систем контроля и ошибки в коммуникационном оборудовании.

Наличие высших гармоник снижает срок службы оборудования. В медицинских учреждениях это в первую очередь приводит к частым поломкам и выходу из строя различных достаточно дорогих медицинских приборов и аппаратов.

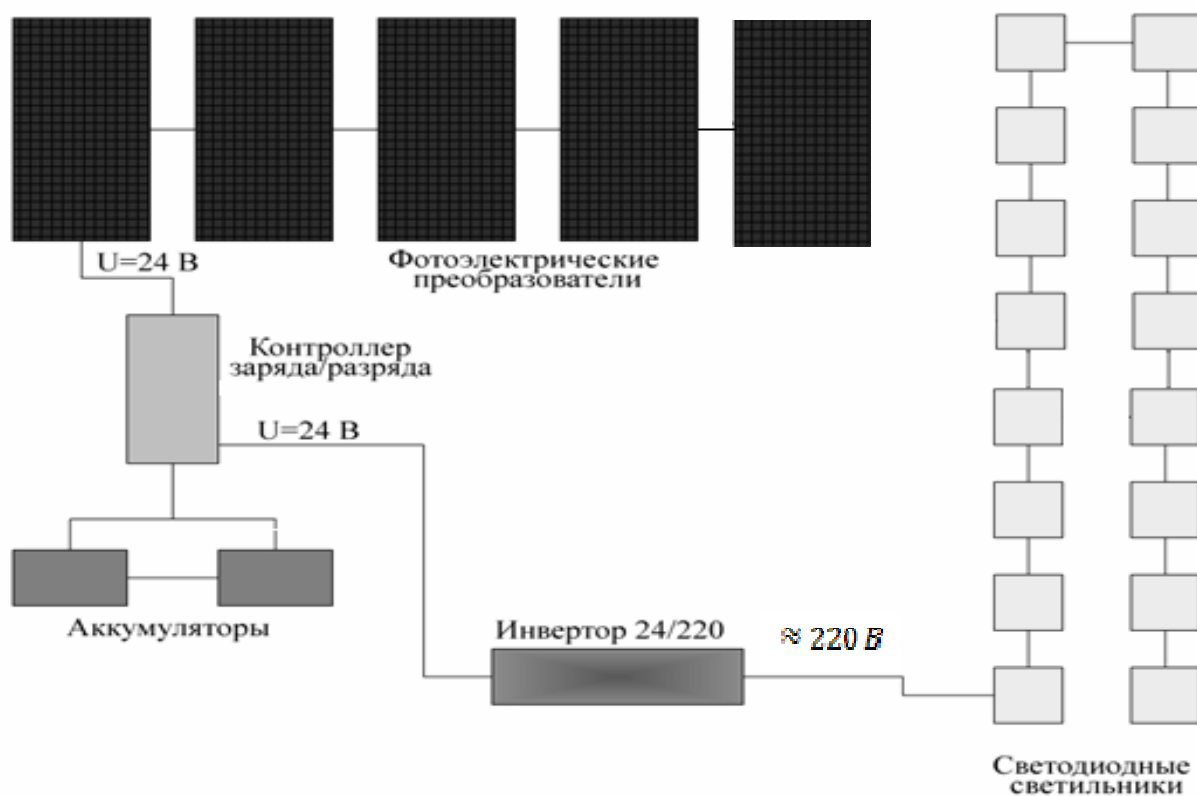
Опыт проведения более 50 энергетических обследований различных объектов, зданий и сооружений, инженерных систем показал, что практически на любом объекте, независимо от его назначения и «возраста» можно разработать и внедрить мероприятия, позволяющие сократить энергопотребление в среднем на 23-25 %.

ЗАМЕНА ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СВЕТОДИОДНОЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В 8 УЧЕБНОМ КОРПУСЕ УрФУ

*Серкова Е.В., Завьялов А.С., Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Велькин В.И.
УрФУ*

В ходе проведения энергоаудита учебных корпусов УрФУ, было установлено, что на освещение коридоров университета потребляется более 2 млн кВт·ч электроэнергии и это «стоит» учебному заведению 3,2 млн бюджетных средств.

В настоящее время в УрФУ существует действующая система освещения одного из коридоров 8 учебного корпуса с использованием солнечных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) и энергосберегающих светодиодных светильников. Так, на южной стороне здания смонтированы 5 панелей ФЭП пиковой мощностью 1200 Вт и общей площадью 8,05 м², а также установлено и введено в работу основное оборудование системы: контроллер и инвертор. Принципиальная схема солнечной станции представлена на рисунке.



В течение года проводился анализ работы системы светодиодного освещения на основе солнечных ФЭП, с целью выяснения наиболее эффективного режима эксплуатации солнечной станции в условиях уральского региона.

В ходе испытаний было выяснено, сколько энергии вырабатывает 1 м² ФЭП в условиях уральского региона. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

E_1 – энергия, вырабатываемая ФЭП с 1 м² в месяц, Вт·ч/м².

E_2 – энергия, вырабатываемая ФЭП с 1 м^2 в сутки, Вт·ч/м².

S_1 – требуемая площадь ФЭП для системы на 40320 Вт·ч/сут, м² (энергия, потребляемая системой светодиодного освещения в сутки всех коридоров в 8 учебном корпусе).

S_2 – требуемая площадь ФЭП для системы на 8064 Вт·ч/сут, м² (энергия, потребляемая системой светодиодного дежурного освещения в сутки всех коридоров в 8 учебном корпусе).

Таблица 1

Месяц	E_1 , Вт·ч/м ²	E_2 , Вт·ч/м ²	S_1 , м ²	S_2 , м ²
январь	1444,62	46,6	865,23	173,05
февраль	3208,59	114,59	351,86	70,37
март	6388,72	206,09	195,64	39,13
апрель	8944,62	298,15	135,23	27,05
май	11930,64	384,86	104,77	20,95
июнь	12625,26	420,84	95,81	19,16
июль	12083,33	389,78	103,44	20,69
август	10013,98	323,03	124,82	24,96
сентябрь	6680,64	222,69	181,06	36,21
октябрь	3972,05	128,13	314,68	62,94
ноябрь	1874,74	62,49	645,21	129,04
декабрь	1069,36	34,5	1168,85	233,77

В ходе проведения испытаний было доказано, что система эффективна в период с марта по сентябрь включительно, в остальные месяцы поступление солнечной радиации настолько мало, что требует слишком большой площади ФЭП, а ввиду высокой стоимости панелей не является эффективной.

Наиболее рациональным решением в условиях уральского региона и для состояния рынка в настоящее время является частичный переход на питание от солнечной электростанции в период с марта по сентябрь включительно. Предлагается запитать систему дежурного освещения всех коридоров в 8 учебном корпусе от солнечной станции с применением светодиодных светильников.

Стоимость оборудования, входящего в состав системы светодиодного дежурного освещения для 8 учебного корпуса, состав и цена представлены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование	Единица измерения	Количество единиц	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Фотоэлектрический модуль	м ²	40	20000	800000
Аккумулятор Delta DTM12100	шт.	8	8500	68000
Инвертор "МАП Энергия", 8,8 кВт	шт.	1	47800	47800
Контроллер	шт.	1	30000	30000
Светодиодный светильник, 28 Вт	шт.	28	4000	112000
Сумма затрат (без монтажа)				1057800

Необходимо учитывать, что тарифы на электроэнергию растут, а стоимость светодиодных светильников и солнечных панелей снижается с каждым годом.

Таким образом, переход на светодиодное освещение в масштабах учебного корпуса университета с использованием фотоэлектрических преобразователей является перспективным и окупится с учетом роста тарифов на электроэнергию, в течение 3,5...4 лет.

Библиографический список

1. Андреева Т.А., Банных С.М., Велькин В.И. Техничко-экономический анализ замены люминесцентного освещения на светодиодное с использованием солнечных ФЭП //Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов научно-практической конференции. 2010.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ РОТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПАРОВЫХ ТУРБИН

*Смирнов А.А., Голошумова В.Н.
УрФУ, aasmir86@yandex.ru*

Известно, что все вновь строящиеся и модернизируемые энергоблоки паротурбинных установок должны оснащаться автоматизированными системами управления. На сегодняшний день в нашей стране объем автоматизации для большинства энергоблоков ограничивается традиционным набором защит и блокировок, стабилизирующих систем регулирования и схем автоматического включения резервирующего оборудования. При этом уровень разработок в области автоматизации переходных режимов работы паровых турбин за редким исключением ограничен созданием шаговых программ пуска, спроектированных по пусковым инструкциям и не проводящих оценку текущего теплового состояния ротора турбины.

Возможность автоматического управления пусковыми (остановочными) режимами турбин по уровню температурных напряжений в критических элементах конструкции приводит к существенному сокращению времени переходных режимов вследствие того, что нагрузки (снижения мощности) возможно с максимальной скоростью при обеспечении необходимого уровня надежности всего оборудования ПТУ.

Для паровых турбин на сверхкритические параметры пара критическими элементами, ограничивающими скорость пуска турбин по уровню температурных напряжений, в большинстве случаев являются роторы высокого или среднего давления в зоне паровпуска. При этом непосредственное термометрирование роторов крайне затруднительно, что определяет необходимость разработки их математических моделей.

В настоящей работе представлена разработанная авторами динамическая модель термонапряженного состояния области регулирующей ступени паровой турбины, физико-математической основой которой является решение задачи нестационарной теплопроводности методом конечных элементов (МКЭ) в реальном времени на ограниченных вычислительных ресурсах. Традиционным решением данной задачи является построение аналитических моделей ротора

(например, на основе преобразования Лапласа), к достоинствам которого можно отнести простоту реализации, но которое возможно лишь при условии ряда существенных допущений, влияющих на точность и достоверность результата.

Подход, основанный на применении МКЭ, имеет, по мнению авторов, ряд существенных преимуществ, обусловленных в основном особенностями самого метода:

- Возможность моделирования с учетом реальной геометрической формы объекта, нелинейных свойств материала, а также сложных граничных условий.
- Получение на выходе модели комплексной информации о температурном поле объекта.
- Высокая степень автоматизации и унификации при проектировании и верификации модели ротора.
- Относительная простота встраивания модели в существующие контуры АСУ ТП энергоблоком.

В качестве инструмента для реализации модели был выбран программный пакет MATLAB, включающий надстройку PDE Toolbox для решения задач математической физики с помощью МКЭ. Основным достоинством пакета является открытый, качественно документированный исходный код. Кроме того, можно отметить наличие мощного высокоуровневого языка математического программирования, а также возможность генерации исходного кода на языке «С» и кроссплатформенной компиляции приложений под архитектуры некоторых распространенных контроллеров.

В качестве генератора расчетной сетки использован конечно-элементный комплекс ANSYS, качественные показатели которого по данному критерию превосходят генератор PDE Toolbox. Для импорта полученной сетки в MATLAB авторами разработаны специализированные программные средства.

В программе PDE Toolbox для решения нестационарной задачи применяется метод «линий», при котором для решения жесткой системы дифференциальных уравнений используется универсальный специализированный пакет ode15s, встроенный в систему MATLAB. Данный пакет построен на основе метода NDF (Numerical Differentiation Formulas) и обеспечивает точность интегрирования до пятого порядка. Однако, более перспективным с точки зрения простоты реализации, требуемой точности, а также быстродействия, является безытерационный метод, используемый в ANSYS. Метод обеспечивает интегрирование со вторым порядком точности по схеме Кранка-Николсона, что для данной задачи в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности инженерных расчетов. Однако без использования итераций решение может быть получено лишь для линейной модели, не учитывающей зависимость свойств материала от температуры. Оценка показала, что наибольшая по времени, средняя по узлам сетки разность температуры для решений, полученных для постоянных свойств материала и свойств, заданных в виде функциональных зависимостей от температуры, не превосходит 4 %.

Кроме того, при использовании прямого метода имеется возможность точной оценки необходимой производительности вычислителя и, следовательно, более качественного выбора элементной базы для реализации устройства.

Верификация полученной упрощенной модели ротора проведена на базе полной модели по объему всего ротора, построенной в комплексе ANSYS, заменяющей его экспериментальное термометрирование.

Выполненная в рамках исследования оценка показала, что для обеспечения высокой степени соответствия решению данной задачи, полученному с автоматическим выбором шага по времени для области регулирующей ступени турбины Т-110/120-130, достаточно моделирования с постоянным шагом по времени, равным 30 с. С учетом современного уровня развития цифровой вычислительной техники, полученное значение указывает на то, что критической характеристикой при выборе элементной базы устройства является объем оперативной памяти, а не производительность процессора. Принимая во внимание средний показатель тепловой инерционности штатных хромель-копелевых термопар, равный 8 сек, полученный шаг по времени может быть уменьшен до соответствующего значения.

Метод предполагается реализовать в микропроцессорном устройстве, предназначенном для встраивания в АСУ ТП энергоблока. Для апробирования метода ранее разработано и верифицировано устройство на базе микроконтроллера для моделирования процесса остывания ротора по методу тепловых балансов [1].

Библиографический список

1. Голошумова В.Н., Смирнов А.А. Контроль предпускового температурного состояния ротора паровой турбины // Тяжелое машиностроение. 2011. № 3. С. 40-43

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Столяров С.В.

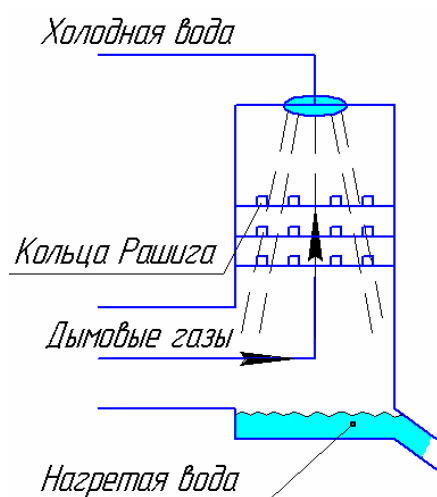
Самарский государственный технический университет

Contex88@mail.ru

Наиболее перспективным методом снижения потерь теплоты с уходящими дымовыми газами является контактный теплообмен, так как он позволяет использовать высшую теплоту сгорания топлива. Этот метод широко применяется в теплоэнергетике высоких и средних температур. В ходе предварительного обзора патентно-информационной литературы было установлено, что данный метод имеет большие перспективы применения в составе водогрейных котлов с низкой температурой отходящих дымовых газов (около 130...150 °С).

По принципу действия устройство для реализации разрабатываемой технологии (рисунок) является аппаратом смесительного (контактного) типа, в котором нагрев воды осуществляется при её непосредственном соприкосновении с низкотемпературными отходящими дымовыми газами, в результате чего часть водяных паров, образованных при сжигании углеводородного топлива, будет сконденсирована [1]. Для интенсификации теплообмена предлагается использовать специальные насадки – кольца Рашига, позволяющие в сравнительно небольших объемах добиться значительных поверхностей теплообмена.

В настоящий момент наиболее близким по принципу работы устройством (прототипом) является контактный водонагреватель (ТУ 16289882.001-97). В этом устройстве нагрев воды происходит в два этапа: вначале вода нагревается в тепломассообменной колонне за счет непосредственного контакта с отходящими от аппарата дымовыми газами. При этом обеспечивается охлаждение дымовых газов до температуры 45...55 °С и конденсация водяных паров, содержащихся в газах. Окончательный нагрев происходит в горелочной камере.



Принципиальная схема работы устройства для глубокой утилизации теплоты уходящих дымовых газов

Новизна идеи заключается в том, что устройство для реализации разрабатываемой технологии станет возможным устанавливать на действующие водогрейные и паровые котлы для повышения их энергоэффективности.

В устройстве для глубокой утилизации теплоты дымовых газов происходит орошение дымовых газов холодной водой, в результате чего продукты сгорания охлаждаются, что приводит к конденсации водяных паров, содержащихся в них.

Это, в свою очередь, позволяет нам использовать высшую теплоту сгорания топлива. Количество сконденсированных водяных паров из дымовых газов зависит от температуры холодной воды и объема тепломассообменной колонны. Нагретая вода может использоваться в качестве подпиточной воды для собственных нужд котла, а также для стороннего потребления.

Основные достоинства данного способа использования теплоты отходящих дымовых газов:

- высокий коэффициент использования теплоты топлива; КПД котла по низшей теплоте сгорания может превышать 100 %, так как дополнительно полезно используется теплота конденсации водяных паров из продуктов сгорания;
- простота конструкции, которая обеспечивает высокую надежность и простоту ремонта;
- высокая интенсивность теплообмена, которая позволяет уменьшить габариты аппарата, их вес и материалоемкость;
- при использовании холодной воды с низким содержанием карбонатных солей отсутствует необходимость использования установки для химводоподготовки, так как тепломассообменная колонна по своему принципу работы схожа с деаэратором.

Также следует отметить, что разрабатываемая технология является одной из немногих, которые позволяют использовать высшую теплоту сгорания топлива.

Однако данная схема не лишена недостатков. При снижении температуры отходящих дымовых газов ниже температуры точки росы становится актуальным вопрос конденсации водяных паров на стенках дымовой трубы. Также

вследствие снижения температуры дымовых газов снижается тяга, которая образовывалась за счет разности температур окружающей среды и продуктов сгорания. В результате чего для преодоления аэродинамического сопротивления по газовому тракту необходима установка дымососа, развиваемый напор которого должен быть тщательно отрегулирован. Это связано с тем, что при избыточном напоре часть водяных капель (рисунок) может попасть в атмосферу, тем самым снижая эффективность использования данной технологии.

Библиографический список

1. Соснин Ю.П., Бухаркин Е.Н. Высокоэффективные газовые контактные водонагреватели. М.: Стройиздат, 1988. 376 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДА ПРОГРЕВА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

*Тарарыков А.В., Горячева Е.М.
Московский энергетический институт
tararykov@gmail.com*

В современной научной литературе по тепломассообмену, уделяется большое внимание процессу сушки, как одному из важных и энергоемких процессов. Однако существующие математические модели зачастую недостаточно точно рассматривают вопрос кинетики сушки. Для классической кривой сушки различают отдельно период прогрева материала, период постоянной скорости и период падающей скорости сушки. Тем не менее, периодом прогрева зачастую пренебрегают из-за его непродолжительности (около 10 % от общего времени сушки). Но, из-за разнообразия методов сушки, сушильных материалов и агентов, кривая сушки может в отдельных случаях значительно видоизменяться и таким допущением пользоваться нельзя.

Целью данной работы является составление математической модели периода прогрева и её реализация в пакете Simulink программной среды Matlab.

В работе рассматривается нестационарный процесс теплопроводности при отсутствии внутренних источников теплоты. Аналитическое описание процесса включает дифференциальное уравнение и условия однозначности [1]. При составлении модели были приняты следующие допущения: исследуемый материал является пластиной, бесконечной длины по сравнению с ее толщиной, испарение происходит с поверхности материала, влажность и температура материала постоянны по координатам, но изменяются во времени, коэффициенты теплоотдачи и массоотдачи постоянны, параметры сушильного агента постоянны, в процессе сушки деформации материала не происходит. В результате, дифференциальное уравнение нестационарного процесса теплопроводности имеет следующий вид:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Начальное условие:

$$\text{при } \tau = 0, t = t_0. \quad (2)$$

Граничные условия:
при $x = 0$:

$$-\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha \cdot (t_{\infty} - t_{x=0}) - \beta \cdot (d_{x=0} - d_{\infty}) \cdot r, \quad (3)$$

при $x = \partial$:

$$\frac{\partial t}{\partial x} = 0. \quad (4)$$

Влажность материала изменяется во времени согласно уравнению:

$$\omega_M = \omega_0 - \frac{1}{m} \cdot \int_0^{\tau} J \cdot d\tau. \quad (5)$$

Массовый поток, испаряющийся с поверхности материала равен [2]:

$$J = \beta \cdot (x_n - x_{oc}) \cdot F. \quad (6)$$

Для нахождения коэффициента массоотдачи использовалось соотношение Льюиса:

$$\beta = \frac{\alpha}{Cp_{oc}}. \quad (7)$$

Моделирование осуществляется в среде Simulink пакета Matlab. При моделировании с использованием Simulink реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым, пользователь на экране из библиотеки стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты.

В результате составлена гибкая модель процесса сушки, позволяющая рассматривать различные варианты протекания процесса, варьируя как параметрами сушильного агента, так и теплофизическими свойствами материала. Результатом моделирования является распределение температуры по слоям материала во времени, распределение среднemasсовой температуры, средней влажности и массы материала во времени.

Результаты исследования показывают существенное влияние влагосодержания и температуры сушильного агента на протекание процесса. Их изменение способно вызвать значительное увеличение времени сушки, поэтому следует оказывать повышенное внимание параметрам сушильного агента, поступающего в сушильную камеру при рециркуляции.

На процесс сушки также оказывают значительное влияние теплофизические параметры материала. Поскольку в работе рассматривались реальные материалы, выявить, изменение какого свойства непосредственно влияет на процесс сушки, довольно сложно. Изменение сразу нескольких параметров оказывает комплексное влияние на протекание процесса. В результате, для наиболее точной оценки параметров сушильного процесса следует рассчитывать его индивидуально для каждого материала.

Расчет периода прогрева позволит более точно оценить необходимое время сушки материала, что может повлечь за собой более экономное расходование сушильного агента. Так как сушильный процесс является высокотемпературным, экономия энергии может существенной. Также точная оценка вре-

мени пребывания сушимых материалов в сушильной камере положительно сказывается на качестве продуктов.

Библиографический список

1. Исаченко В.П. Теплопередача. М.: Энергия, 1975. 488 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ОТКАЗА ОТ МАЗУТА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И КОТЕЛЬНЫХ

*Тарханова М.А., Микула В.А., Левин Е.И.
УРФУ, tes.urfu@mail.ru*

В настоящее время в энергетике мазут широко используется в качестве резервного топлива на тепловых электрических станциях (ТЭС) и котельных, кроме того на некоторых котельных он служит основным топливом.

Как известно, в развитых странах до 95 % нефти перерабатывается в товарные фракции (сжиженный газ, керосин, бензин, дизельное топливо). В России в товарные фракции перерабатывается около 60 % от объёма нефти, а 40 % составляют отходы нефтепереработки – мазут. Таким образом, в ближайшем будущем есть вероятность недоступности мазута для использования на ТЭС и котельных. Но даже при существующем положении, использование мазута в качестве основного топлива повышает затраты на топливо в 3 раза по сравнению с природным газом. Затраты на топливо при производстве электрической и тепловой энергий составляют примерно 70 % от всех затрат, т.е. необходимо искать другие решения для топливоснабжения регионов, где ещё используется мазут как основное топливо в котельных.

Использование мазута в качестве резервного топлива также имеет ряд недостатков:

1. Потери теплоты на подогрев мазута

При использовании мазута в качестве резервного топлива на ТЭС необходимо осуществлять постоянную циркуляцию мазута и поддерживать его температуру на постоянном уровне, подогрев мазута осуществляется паром. Для паровых котельных работающих только на подогрев сетевой воды (на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения), а таких немало, пар используется только на подогрев мазута и деаэрацию. Поэтому в таких котельных к затратам на непосредственный нагрев мазута добавляются затраты электрической энергии на питательных насосах (обычно работающих с большим перерасходом электроэнергии) и потери теплоты с продувками паровых котлов.

2. Затраты на периодическую замену мазута.

С течением времени из-за неплотностей в нагревательных элементах часть пара попадает в мазут, и он всё больше обводняется, поэтому его периодически необходимо сжигать и покупать новый, на это требуются значительные средства. Кроме того, при сжигании мазута в котле для исключения серной коррозии температура уходящих газов поддерживается на более высоком уровне (по сравнению со сжиганием природного газа), и котел в таком режиме работает с КПД на 3-4 % ниже.

3. *Затраты электроэнергии на приводы насосов, обеспечивающих циркуляцию мазута*

4. *Затраты на заработную плату работников мазутного хозяйства*

Взамен мазута возможно применение в качестве резервного топлива: дизельное топливо; сжиженный природный газ (СПГ); сжиженный углеводородный газ (СУГ).

Дизельное топливо – наиболее дорогой вид топлива, цена на которое постоянно растет. СПГ – это сжиженный метан, но из-за низких температур хранения (-164°C) применение этого вида топлива в качестве резервного весьма ограничено.

Использование сжиженного углеводородного газа в качестве резервного топлива является предпочтительным. СУГ является смесью пропана и бутана, для его сжигания не требуется замена существующих газо-мазутных горелок, достаточно простой регулировки в газовой линейке или отдельной своей газовой линейки на горелку. Но дополнительно к имеющемуся оборудованию необходимы резервуары и испарители газа.

Испаритель газа резко увеличивает производительность (выход паровой фазы). Испаритель газа — бак под давлением, подогреваемый теплоносителем, который, в свою очередь, нагревается с помощью электроэнергии или от газовой горелки. Поставляются как водяные, так и электрические испарители газа с различной, практически, с любой необходимой производительностью. Испаритель газа позволяет и зимой использовать летние смеси, стоящие на 20–30 % ниже зимних, и к тому же дающие больше тепла при сгорании (имеющие большую теплоту сгорания).

Единовременные затраты на строительство топливного хозяйства СУГ сопоставимы или существенно ниже, чем при других вариантах, например при строительстве установки хранения и регазификации сжиженного природного газа или строительстве мазутного хозяйства.

В отличие от природного газа по СУГ мы отстаем от среднеевропейских цен лишь в 1,5 раза. Учитывая, что в связи со вступлением России ВТО декларируется повышение цен на природный газ до мирового уровня, можно предположить, что через некоторое время себестоимость 1 Гкал на СУГ и на природном газе сравняются.

Авторами была выполнена работа по оценке эффективности использования СУГ в качестве резервного топлива для Ново-Свердловской ТЭЦ, мазут здесь является аварийным топливом для 8 паровых котлов БКЗ-320-140 (с газо-мазутными горелками). Запас мазута составляет 30 тыс. м³.

Экономия за счет перехода на СУГ состоит из следующих статей:

1) Исключаются потери теплоты на подогрев мазута. Суммарное нормативное количество теплоты на мазутное хозяйство (рассчитанное в соответствии с РД 153-34.1-09.205-2001) с учетом паровых продувок составило 6364 Гкал/год.

2) Исключаются затраты на обновление мазута. Оценочно ежегодно необходимо сжигать около 6 тыс. т мазута, покупая новый.

3) Полностью исключается расход электроэнергии на привод мазутных насосов – 480 тыс. кВт·ч/год.

4) Штат работников мазутного хозяйства состоит из 5 смен по 4 человека, то есть 20 человек. При использовании СУГ принято сокращение персонала до 4 человек. В результате экономия составит – 3,9 млн руб.

В денежном выражении экономия составила около 70 млн руб./год. Капитальные затраты для строительства хранилища на 22 тыс. м³ СУГ (необходимый объем для Ново-Свердловской ТЭЦ) составят около 400 млн руб., а простой срок окупаемости около 6 лет.

ОТОПЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ИНДУКЦИОННЫХ КОТЛОВ

*Трофимова Т.В., Федотова В.С.,
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Отопление на базе индукционных котлов промышленной и высокой частоты на сегодняшний день является одним из самых надежных, неприхотливых в обслуживании, настройке и ремонте видов отопления. Индукционные котлы подразделяются на бытовые, для отопления частных домов, гаражей, дач, а также на промышленные индукционные котлы высокой мощности.

Электрический индукционный котел – простой и очень надежный нагреватель (жидкости). Он состоит из стержневого магнитопровода с однофазной или трехфазной первичной обмоткой и короткозамкнутой вторичной обмотки (теплообменника). При включении в сеть первичной обмотки в магнитопроводе трансформатора возбуждается переменный магнитный поток, создающий в металле теплообменника (вторичной обмотке) ток, вызывающий его нагрев. В результате большой поверхности соприкосновения теплообменника с теплоносителем между ними происходит теплообмен.

Основное отличие индукционных котлов – это отсутствие нагревательных элементов, следовательно, отпадает возможность перегорания нагревательного элемента котла.

Индукционный котел работает за счет индукционной катушки, использующей переменный ток частотой 50 Гц и создающей переменное магнитное поле. Металлическая система лабиринтов, интенсифицирующих теплообмен, нагревается за счет перемагничивания и практически без потерь передает выделяющееся тепло потоку теплоносителя.

Данное решение позволяет получить такие уникальные характеристики, как стабильно высокий уровень КПД, который не падает в процессе эксплуатации – 99 %; полное отсутствие разъемных соединений в конструкции, что исключает вероятность возникновения течи.

Индукционные котлы обладают высоким коэффициентом мощности, равным 0,98 (практически вся потребляемая из сети энергия идет на создание тепла). Это одно из важнейших достижений создателей индукционного элек-

тронагревателя. Во многих случаях при переходе на индукционный электронагрев эксплуатационные затраты снижаются преимущественно на 30 %.

Данный тип нагревателя характеризует высокую степень электро- и пожаробезопасности, так как нагревательный элемент (лабиринты труб) не имеет электрической связи с индуктором. Максимальная температура на поверхности нагревателя превышает температуру теплоносителя не более, чем на 10-30 °С (для нагревателей, работающих в системах отопления и горячего водоснабжения).

Применение индукционного нагрева позволяет использовать различные жидкие теплоносители (вода, масло, антифриз), причем без предварительной технологической подготовки. Индукционные котлы не требуют профилактических работ в отопительный сезон и в период межсезонья, не требуют высококвалифицированного персонала для монтажа и обслуживания, полностью автономны. Универсальность индукционных технологий нагрева (на промышленной частоте тока) позволяет эффективно и выгодно их использовать в самых различных отраслях промышленности.

В такой системе нет элементов, подверженных износу и срок службы аппарата определяется практически только сроком службы электромагнитной катушки. Все это делает установку чрезвычайно надежной и долговечной.

Индукционный нагреватель применяется в замкнутых системах теплоснабжения, в которых в качестве теплоносителя, как правило, применяется вода. Нагреватель работает в автоматическом режиме, при этом имеется возможность регулировать работу нагревателя как по температуре воздуха в помещении, так и по температуре теплоносителя.

У индукционных котлов практически нет ограничений на рабочие температуры, давления и применяемые теплоносители, что позволяет их с успехом использовать в различных технологических целях, недоступных для других котлов. Благодаря возможности достижения высокого уровня изоляции они значительно безопаснее в работе и обслуживании.

Индукционные нагреватели имеют развитую поверхность теплообмена, поэтому перепад температуры между теплоносителем и поверхностями теплообменника нагревателя не превышает 20-30 °С. Это многократно замедляет процесс отложения накипи и является залогом высокой пожарной безопасности оборудования.

Наиболее распространенными являются индукционные котлы марки SAV, производства НПК «ИНЭРА», г. Москва. Также большой популярностью пользуются индукционные котлы марки «ВИН» компании ООО «Возрождение», г. Ижевск.

Установки индукционного нагрева – это лучшая, с точки зрения надежности, безопасности и энергоэффективности, альтернатива другим типам нагревателей.

Авторами была рассмотрена возможность применения индукционных котлов на промышленных объектах, удаленных от газопровода. Выбор данных котлов является наиболее оптимальным решением проблемы дороговизны прокладки газопровода.

ПЕНОПОЛИМЕРМИНЕРАЛЬНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ППМИ – ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТРУБ

*Трофимова Т.В., Федотова В.С., Абрамова Э.В.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Труба с заводской пенополимерминеральной (ППМ) тепловой изоляцией является отечественной разработкой, и менее популярна, чем иностранная технология с трубами в пенополиуретане (ППУ). Формула полимера была изобретена советскими учеными НИИ «ВНИПИЭнергопром» еще в семидесятые годы. Только с 2003 года данный полимерматериал начал широко применяться как новый тип изоляции труб, предназначенных для бесканальной прокладки. ППМ изоляция трубопроводов представляет собой теплоизоляционный слой жесткого закрытоячеистого пенополиуретана с минеральным наполнителем, нанесенный на наружную поверхность стальной трубы. При этом наружная поверхность ППМ изоляции является водонепроницаемой и одновременно – паропроницаемой, а внутренняя поверхность, прилегающая к стальной трубе, защищает стальную трубу от коррозии.

Сразу же, после заливки трубы, в наглухо закрытой форме, пенополимер начинает интенсивно пениться и обволакивает трубу, распределяясь на три слоя:

- Нижний слой – антикоррозийный, предназначен для «мертвого» сцепления, склеивания с металлом трубы. Его толщина 3-8 мм, с высокой адгезией плотно прилегающий к трубе (объемная масса 400-500 кг/м³).
- Средний слой – теплоизоляционный слой, требуемой по расчёту толщины, с объемной массой 80-100 кг/м³. Он толстый – похож на губку с огромным количеством воздушных пузырьков внутри. Он удерживает тепло, пропуская не только сотые доли ватта на погонном метре (в то время как обычные стальные трубы могут терять на пути от котельной до потребителя 10-12 % энергии).
- Верхний слой изоляции – механо-гидрозащитный слой толщиной 5-10 мм с объемной массой 400-600 кг/м³. Это прочный корковый слой, предназначенный выдержать тяжесть грунта и предохранить от механических повреждений. Причем с годами она становится все прочнее.

ППМ изоляцию характеризует высокая механическая прочность наружного коркового слоя изоляции, что придаёт необходимую долговечность и надёжность в эксплуатации и не требует дополнительной защиты теплопровода от механических повреждений.

Первоначальные свойства ППМ изоляции сохраняются при длительной эксплуатации в различных гидрогеологических условиях. Независимо от грунтовых условий и режимов работы теплопроводов не происходит разрушения конструкции или образования трещин вследствие контакта с грунтом.

Внутренний корковый слой, обладая повышенными адгезионными свойствами, полностью герметизирует металл трубы, поэтому не требуется нанесения антикоррозионной защиты на трубу. За счёт высокой плотности наружного

коркового слоя не требуется дополнительного гидроизоляционного покрытия изоляции. Намеренное разрушение наружного коркового слоя ППМ изоляции не приводит к значительному росту увлажнения; не изменяется и паропроницаемость конструкции.

Существенным преимуществом ППМ изоляции по сравнению с ППУ изоляцией является то, что при производстве строительно-монтажных работ залитый в полевых условиях стык теплоизоляции не уступает по свойствам и качеству теплоизоляции, нанесённой в заводских условиях, и на теле трубопровода образуется монолитная конструкция. За счёт более низкой стоимости работ по заделке стыков, изолированных опор, отводов и гибов для предизолированных труб с ППМ изоляцией, суммарная стоимость теплопровода для труб небольшого диаметра вдвое, а для больших диаметров в полтора раза ниже, чем для трубопроводов с ППУ изоляцией.

ППМ изоляция позволяет проводить ремонтные работы по восстановлению изоляционного слоя в месте повреждения без замены трубы. Причём возможно получение в полевых условиях сплошного изоляционного слоя в месте ремонта повреждения с качеством, аналогичным заводскому.

Отсутствует необходимость в системе ОДК для постоянного контроля за увлажнением ППМ изоляции, что существенно снижает затраты на эксплуатацию.

Нужно отметить небольшую стоимость фасонных изделий и заделки стыков. Следовательно, общие затраты на работы снижаются практически на четверть по сравнению с монтажом других труб. За счёт применения труб ППМИ уменьшаются затраты на строительно-монтажные работы, ведь в этом случае не задействуются железобетонные каналы и лотки. Все установочные операции унифицированы и индустриализированы.

Почти тридцатилетняя успешная эксплуатация теплопроводов, в которых отсутствует сплошная герметизация, а сам материал изоляции обладает гидрофобностью, подтверждает, что такие конструкции имеют преимущества перед другими типами изоляции.

КАДРОВЫЙ ДЕФИЦИТ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ВЛИЯНИЕ НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ

Трубицын К.В., Ткачев В.К.

*Самарский государственный технический университет
НОУ ВПО «Поволжский институт бизнеса», г. Самара
tef-samgtu@yandex.ru*

Инженерное образование в России претерпевает большие изменения. Наряду с внедрением в практику Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения, основанных, прежде всего, на компетентностном подходе, изменения касаются всей системы высшего образования России. И энергетика, как основополагающая отрасль для любых других отраслей промышленности, не осталась в стороне.

Инновационный путь развития экономики России не возможен без решения важнейшего, кадрового, вопроса. Без квалифицированных кадров невозможно эффективно управлять отраслью и развивать высокотехнологические процессы, являющиеся неотъемлемой частью инновационного развития предприятий. В работах авторов предлагается создание инновационного ядра, образующегося посредством интеграции образовательных и производственных структур. Составляющими частями этого «ядра» являются совместные самостоятельные хозрасчетные структуры: бизнес-инкубаторы, учебно-производственные и научно-технические центры, базовые кафедры и т.д.

По различным источникам дефицит персонала в энергетической отрасли России на текущий момент составляет от 10 до 15 процентов. В количественном выражении – 70-80 тысяч специалистов. Энергетика – та отрасль, специфика которой подразумевает специальное образование даже на самых низших должностях. Нехватка молодых кадров в энергетике сегодня более, чем ощутима; и в будущем эта ситуация будет только обостряться: средний возраст работников отрасли из года в год только увеличивается. На рис. 1 представлен возрастной срез работников энергетической отрасли России по состоянию на конец 2010 года [1].

Подобные процессы («старение» и дефицит кадров, смена инженерных поколений и т. д.) требуют от государства максимально продуманной кадровой и социальной политики. И здесь необходимо решать сразу целый комплекс проблем: от повышения престижа получения энергетического образования до качества предоставляемых образовательных услуг. Авторы считают, что решив комплекс данных проблем, возможен существенный сдвиг в решении вопроса дефицита кадров, который, в свою очередь, должен качественно повлиять на инновационное развитие как предприятий, так и регионов и страны. На рис. 2 показан комплекс проблем, требующих первоочередного решения для снижения дефицита кадров в энергетической отрасли России.

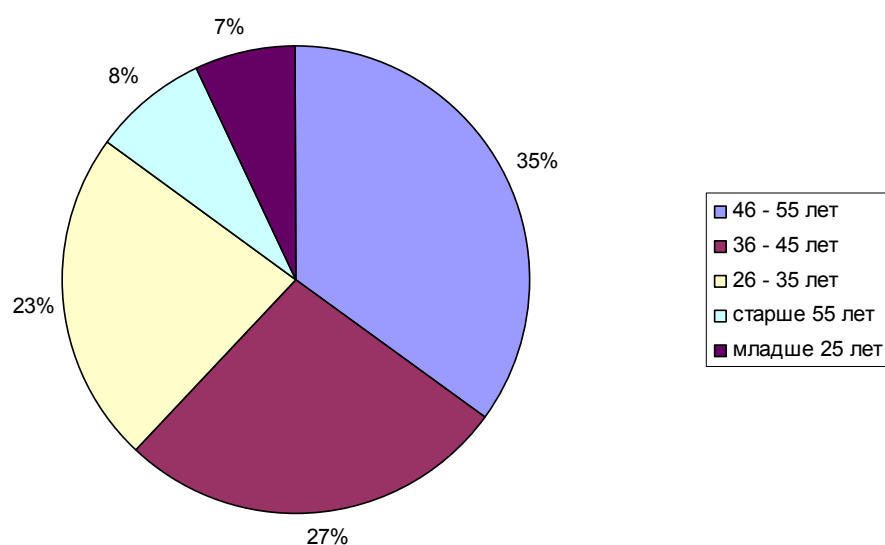


Рис. 1. Возрастной срез работников энергетической отрасли России

Нельзя не сказать и о государственной политике в области подготовки инженерных кадров для энергетики. В 2009 году на подготовку одного инженера тратилось 60-70 тысяч рублей в год. В 2010 году эта цифра увеличилась до 78 тысяч рублей, к 2012 году этот показатель планируется повысить до 112 тысяч рублей в год [2]. Однако эти цифры существенно отличаются от тех, что затрачиваются на подготовку инженеров за рубежом. Затраты на подготовку одного инженера от первого класса общеобразовательной школы до получения диплома составляют не менее полумиллиона долларов США, а расходы на подготовку оспециализированного специалиста увеличиваются в два и более раза. При этом сроки подготовки инженеров составляют не менее двадцати лет, включая обучение в школе, вузе и становление специалиста на производстве [3].



Рис. 2. Проблемы, влияющие на кадровый дефицит в энергетике

Для решения проблем кадрового дефицита, в первую очередь, необходимо рассмотреть образовательную составляющую развития кадровой стратегии энергетической отрасли. Здесь одним из основных инструментов решения проблемы кадрового «голода» энергетики станет увеличение контрольных цифр приема в высшие учебные заведения, осуществляющие подготовку студентов по различным направлениям в рамках укрупненной группы 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника». Направления подготовки и специальности 14-ой укрупненной группы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Направления подготовки и специальности по УГС 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника» в рамках ФГОС-3

Код направления	Наименование направления (специальности) подготовки бакалавров и специалистов
Программы бакалавриата	
140100	Теплоэнергетика и теплотехника
140400	Электроэнергетика и электротехника
140600	Высокотехнологические плазменные и энергетические установки
140700	Ядерная энергетика и теплофизика
140800	Ядерная физика и технологии
141100	Энергетическое машиностроение
141200	Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Код направления	Наименование направления (специальности) подготовки бакалавров и специалистов
Программы специалитета	
141108	Специальные системы жизнеобеспечения
141401	Ядерные реакторы и материалы
141403	Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
141405	Технологии разделения изотопов и ядерное топливо

В последнее время Министерство образования и науки Российской Федерации целенаправленно увеличивает прием на госбюджетное обучение по этой укрупненной группе, что даст первые плоды в решении данной проблемы через 3-4 года. На рис. 3 показана статистика приема абитуриентов на госбюджетное обучение по укрупненной группе 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника» в некоторые вузы России в 2011 году (данные по приему имеют информационный характер и представлены на официальных сайтах вузов; принимается во внимание очное обучение) [4-8].

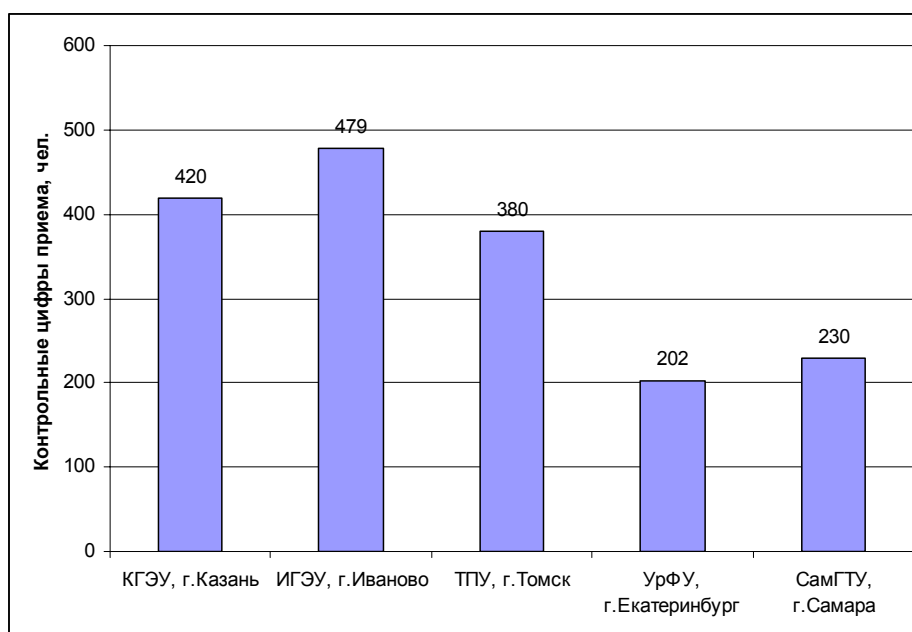


Рис. 3. Контрольные цифры приема по УГС 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника» в некоторых вузах России в 2011 году

Немаловажным фактором здесь также является и контингент поступающих, который изначально можно оценить по проходному баллу на вступительных испытаниях на направления и специальности в рамках укрупненной группы 140000. Так, на рис. 4 показана статистика минимального проходного балла по результатам Единого государственного экзамена в 2011 году (очное обучение).

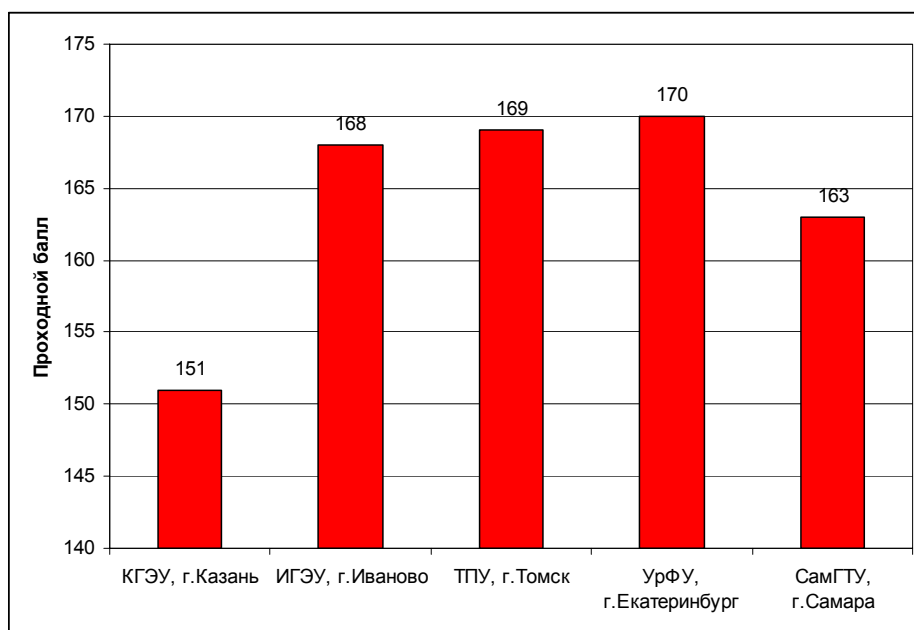


Рис. 4. Проходные баллы (результаты ЕГЭ) по УГС 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника» при поступлении в некоторые вузы России в 2011 году

Ни для кого не секрет, что основным видом стимулирования трудовой деятельности работника любого пред-

приятия является его заработная плата, влияющая как на престиж профессии энергетика, так и на социально-экономические условия труда. Поэтому вторым фактором автор считает именно потенциальную заработную плату будущих выпускников вузов, ссузов и учреждений начального профессионального образования, готовящих специалистов в области энергетики. По данным органов статистики средняя заработная плата в отрасли энергетики России – одна из самых высоких в стране, уступая только отраслям добычи полезных ископаемых, финансовой деятельности и операциям с недвижимым имуществом. На рис. 5 представлено распределение заработной платы крупных и средних предприятий городского округа Самара по видам экономической деятельности в 2010 году [9].

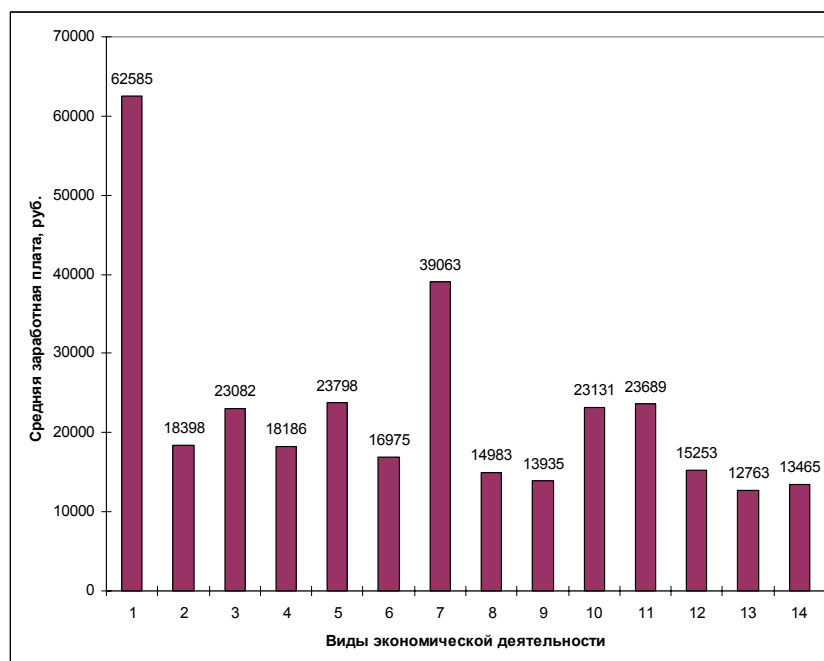


Рис. 5. Распределение заработной платы крупных и средних предприятий г.о. Самара по видам экономической деятельности в 2010 году

Виды экономической деятельности, изображенные на рис. 5, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Виды экономической деятельности,
для которых представлено распределение заработной платы (рис. 5)

1. Добыча полезных ископаемых	8. Здравоохранение и предоставление социальных услуг
2. Обрабатывающие производства	9. Образование
3. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	10. Государственное управление и обеспечение военной безопасности
4. Строительство	11. Операции с недвижимым имуществом
5. Транспорт и связь	12. Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг
6. Оптовая и розничная торговля	13. Сельское хозяйство
7. Финансовая деятельность	14. Гостиницы и рестораны

О падении престижа инженерных специальностей говорит тот факт, что сегодня в них поступает лишь 4 % выпускников, окончивших средние общеобразовательные учреждения с медалями. Абитуриенты не в полной мере могут самостоятельно и грамотно оценить кадровую ситуацию на рынке труда через 5-10 лет. Поэтому еще со школьной скамьи необходимо уделять большое внимание профессиональной ориентации (для школьников старших классов), условиям обучения студентов (социальная инфраструктура вузов). Необходимо решать вопрос о повышении государственных стипендий студентам, обучающимся по приоритетным инженерным направлениям бакалавриата, специалитета и магистратуры. Совместно с предприятиями необходимо разработать именные стипендиальные программы, которые закрепят наиболее способных и одаренных студентов вузов на данных предприятиях для последующего трудоустройства. Предприятиям государственного значения требуется активизировать работу в сфере целевой подготовки кадров.

К мерам решения социально-экономических проблем в области подготовки кадров для энергетики станет не только регулярное повышение заработных плат в данной отрасли, но и создание программ по строительству корпоративного жилья, которое позволило бы обеспечить также мобильность кадров.

Вопросы развития инновационного потенциала страны тесно взаимосвязаны с решением проблемы «инновационности» самих кадров. Последняя может быть решена исключительно в рамках трехстороннего взаимодействия государства с образовательными и промышленными структурами. В результате такого взаимодействия решаются сразу два актуальных вопроса: во-первых, мы получаем инновационные кадры для промышленности, а во-вторых – инновационную продукцию и услуги, вкуче способные положительно повлиять на инновационное развитие страны и каждого отдельно взятого региона.

Библиографический список

1. Кривошапка, И. В энергетике пойду, может быть, научат, или Как укрепить интеллект отрасли? [Электронный ресурс] / И. Кривошапка // Энергетика и промышленность России. – 2010. – № 12 (152) июнь 2010 года. – Режим доступа: <http://www.eprussia.ru/epr/152/11788.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Яшина, Г. Проблема инженерных кадров в России и пути ее решения [Электронный ресурс] / Г. Яшина // Капитал страны. – М.: Федеральное интернет-издание «Капитал страны», 2011. – Режим доступа: <http://www.kapital-rus.ru/articles/article/183111>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Дубровин, Е. Новая индустриализация: Россия в поисках «технарей» [Электронный ресурс] / Е. Дубровин, И. Дубровин // Энергетика и промышленность России. – 2011. – № 5 (169) март 2011 года. – Режим доступа: <http://www.eprussia.ru/epr/169/12724.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Сайт Казанского государственного энергетического университета [Электронный ресурс]. – Казань: КГЭУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.kgeu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Сайт Ивановского государственного энергетического университета [Электронный ресурс]. – Иваново: ИГЭУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.ispu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Сайт Национального исследовательского Томского политехнического университета [Электронный ресурс]. – Томск: НИ ТПУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.tpu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Сайт Уральского Федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина [Электронный ресурс] – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.ustu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Сайт Самарского государственного технического университета [Электронный ресурс]. – Самара: СамГТУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.samgtu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Социально-экономическое развитие городского округа Самара [Электронный ресурс]. – Самара: сайт Администрации г.о. Самара, 2011. – Режим доступа: <http://city.samara.ru/node/744>, свободный. – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПАРОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ УТИЛИЗАЦИИ ПАРА ОКГ ПАРОВЫМИ ТУРБИНАМИ

Устимов К.В., Осколков С.В.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ustimov.konstantin@yandex.ru

Котлы-охладители конвертерных газов типа ОКГ предназначены для установки за сталеплавильными конвертерами различной производительности. На ОАО «ММК» установлены 3 котла типа ОКГ–400–2. Вырабатываемый ими пар поступает в общий коллектор, откуда распределяется на 7 паровых аккумуляторов (120 м³ каждый). Назначение аккумуляторов в том, чтобы сглаживать график выработки пара котлов ОКГ. На выходе из аккумуляторов получается пар стабильных параметров, но насыщенный. Далее этот пар направляется в пароперегревательные устройства типа ППУ–100, в которых идет повышение его температуры до 285 °С. Этот пар приводит 2 турбины типа ST3-V32A-E фирмы «Siemens» (номинальный расход пара – 60 т/ч на каждую).

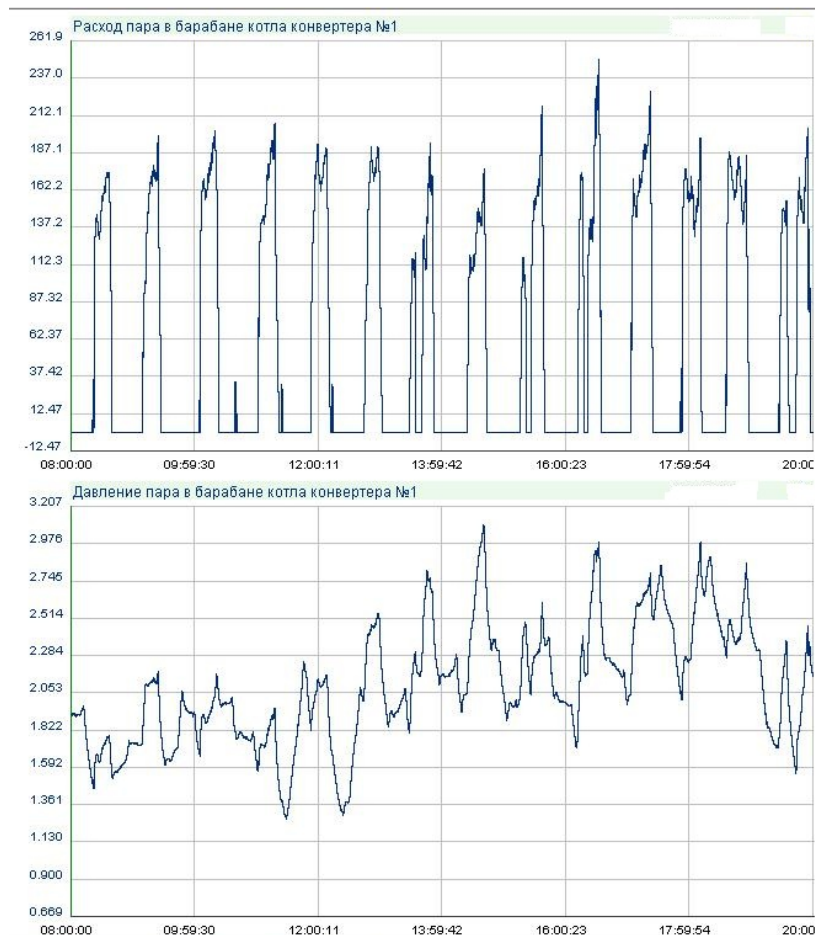


Рис. 3. График изменения расхода и давления пара в барабане котла ОКГ

Вся система выглядит довольно логично: на турбинах вырабатывается электроэнергия при утилизации теплоты уходящих конвертерных газов. Но в реальной эксплуатации оказалось, что турбины не могут выйти на номинальную мощность. Решением этой проблемы может служить анализ и разработка новых режимов работы паровых аккумуляторов и системы в целом.

Во многом проблемы в работе связаны с тем, что

пар, получаемый на котлах ОКГ, сильно различается как по расходу (количественно), так и по давлению (качественно) в зависимости от проводимых в конвертере плавов (рис. 1).

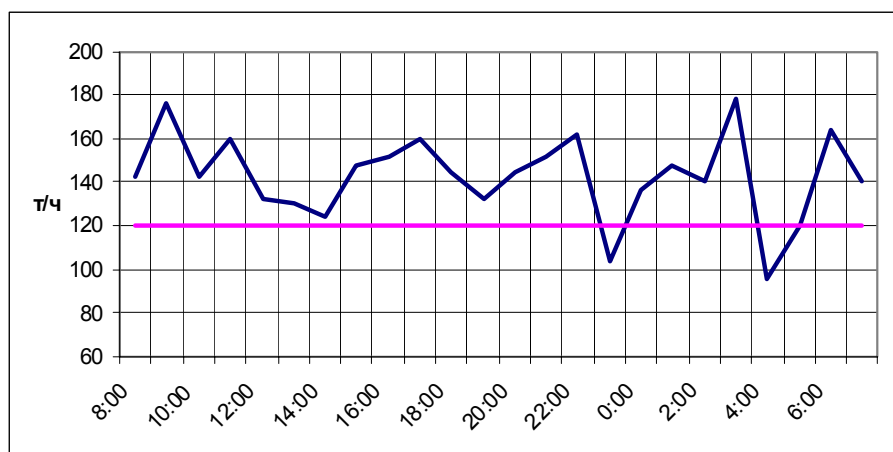


Рис. 2. График суммарной производительности трех котлов ОКГ

Анализируя график суммарной производительности (рис. 2), видно, что в течение суток наблюдается 2 провала выработки (16 т и 24 т

пара, соответственно).

Согласно проведенным расчетам, для покрытия этих провалов необходимо, чтобы в работе были 4 и 5 аккумуляторов, соответственно.

Таким образом, режим с 7 работающими аккумуляторами неэффективен в данных условиях, так как их число избыточно.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ В ПОТОКЕ ЛОПАСТНОГО РОТОРА

Филипенко А.А., Попов А.И.

УрФУ, e-mail: filippenk-anastasija@rambler.ru

Известно множество конструкций роторных колес для отбора механической энергии потока воды [1-7].

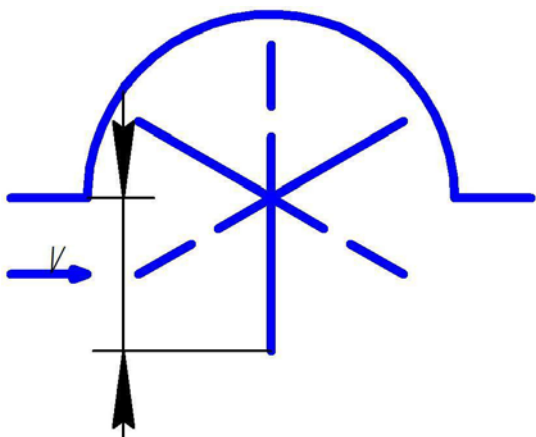


Рис. 1. Трехлопастное колесо

Предположим, что ротор имеет три лопасти (рис. 1).

Пунктирными линиями показано одно из промежуточных положений колеса. Из рисунка очевидно, что наибольшее усилие колесо получает от лопасти, расположенной перпендикулярно направлению потока «V», и далее усилие уменьшается до подхода следующей лопасти. Увеличим количество лопастей, например, до шести (рис. 2). Штрих-пунктирными линиями разделим поток «V» на две части: $V = \alpha + \delta$.

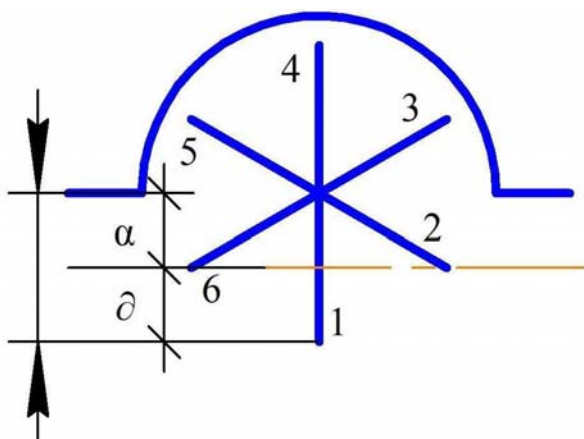


Рис. 2. Шестилопастное колесо

В данный момент лопасть 2 прошла поток, находится в тени лопасти 1, так же как лопасти 3, 4, 5, не участвует в передаче усилия от энергии потока. Часть потока « α » воздействует в данный момент времени на лопасть 6, а только часть потока « δ » на лопасть 1, поскольку ее ближняя к оси часть находится в тени лопасти 6.

Дальнейшее увеличение количества лопастей уменьшит пульсации мощности на валу колеса и незначительно увеличит мощность на валу колеса, но расчетный момент будет определяться эффективной длиной одной лопасти, то есть половиной диаметра ротора-колеса.

В связи с изложенным возникла задача, как заставить работать лопасть дважды: при входе в ротор и при выходе из него, чтобы в отборе энергии от потока участвовало максимальное число лопастей, расположенных на всем диа-

метре ротора. Это равнозначно увеличению эффективной длины для предыдущего примера.

Сотрудниками кафедры «Атомная энергетика» УрФУ разработаны несколько подобных конструкций. Общий принцип их работы изображен на рис. 3 (вид сверху).

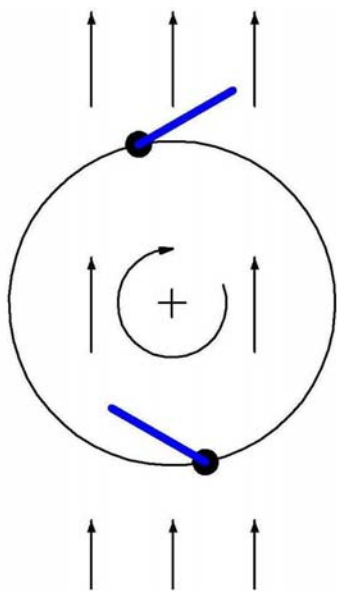


Рис. 3. Схема работы конструкции: лопасть работает дважды

Ротор содержит несколько подпружиненных каким-либо способом лопастей. При отсутствии потока V лопасти находятся в исходном состоянии, образуя замкнутый многоугольник. При входе потока в ротор лопасти отклоняются вовнутрь, создавая вращение, а при выходе потока из ротора эти же лопасти, другой рабочей стороной отклоняются наружу ротора, поддерживая момент вращения одинакового направления.

Для таких конструкций не требуется экран, более того, задействован практически весь диаметр ротора, за исключением двух боковых лопастей, параллельных направлению потока.

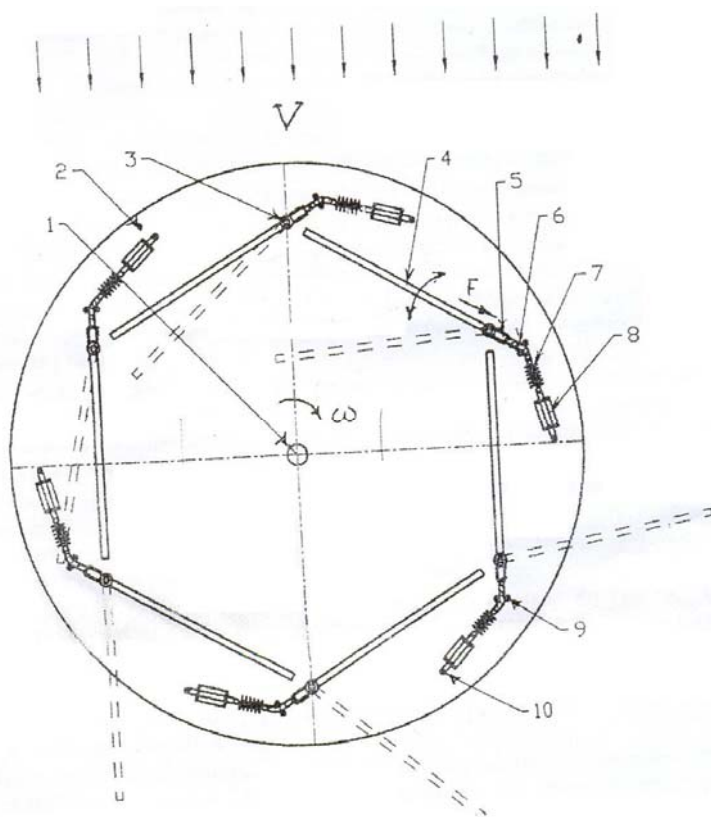


Рис. 4. Ветрогидродвигатель

На рис. 4 изображен предлагаемый «Ветрогидродвигатель» [8], вид сверху с условно прозрачным верхним диском и вариантом размещения на нем основных узлов.

Ветрогидродвигатель содержит центральный вал 1, соединенный с дисками 2, между которыми на осях 3 установлены поворотные лопасти 4. Лопасти имеют рычаги 5, соединенные гибкими тягами 6 через пружины 7 и индивидуальный натяжитель 8 с корпусом или диском устройства. Опоры 9 изменяют для гибких тяг угол их натяжения. Индивидуальный натяжитель имеет крепление 10 к диску или корпусу. Между индивидуальным натяжителем пружин и корпусом могут быть подсоединенные дополнительные тяги к общему натяжителю, одновременно увеличивающему или уменьшающему жесткость (усилия) всех пружин (на рисунке не показан).

Ветрогидродвигатель работает следующим образом. В нейтральном положении при отсутствии потока среды лопасти устройства образуют собой усеченную бочку-многогранник.

Усилие «F» каждой пружины 7 направлено вдоль рычага 5 и плоскости лопасти 4. Чтобы не увеличивать размеры диска 2 в направлении вектора «F», применены поворотные опоры 9, изменяющие для гибких тяг 6 угол их натяжения от пружин 7.

При наличии потока «V» лопасти, первыми его воспринимающие, отклоняются вовнутрь ротора, а лопасти, воспринимающие поток, уже прошедший через полость двигателя, отклоняются наружу (на рис. 4 обозначено пунктирными линиями). В цепь: рычаг, гибкая тяга, пружина, диск (корпус) включен последовательно с ними индивидуальный натяжитель 8 каждой пружины, закрепленный в точке 10 на диске. Для упрощения конструкции натяжитель выполнен в виде шпильки-винта с левой и правой резьбой. С помощью индивидуальных натяжителей удобно и просто в процессе наладки отрегулировать силу натяжения пружин и, соответственно, – отклонение лопастей на одинаковый угол при одинаковой силе воздействия на них.

Известно, что энергия потока зависит от его скорости в кубической форме, поэтому при установке двигателя в потоки с разными параметрами скорости возникает необходимость в увеличении или уменьшении жесткости (усилия натяжения) всех пружин одновременно. В данной конструкции это, при необходимости, обеспечивается введением еще одного общего натяжителя, присоединяемого между диском и индивидуальным натяжителем через дополнительные тяги (на рисунке не показано).

С целью автоматической одновременной установки жесткости пружин и, соответственно, – сопротивления лопастей потоку, в качестве общего натяжителя может быть использован центробежный регулятор оборотов или его исполнительный механизм. Это позволяет регулировать число оборотов двигателя в автоматическом режиме.

Существенное отличие предлагаемого решения от известных заключается, как в увеличении КПД использования энергии потока, поскольку находятся одновременно в работе большинство лопастей, так и в сравнительной простоте конструктивного исполнения и последующих регулировках.

Испытания лабораторных макетов подтвердили преимущества предлагаемого изобретения, описанные выше.

Предлагаемый ветрогидродвигатель имеет невысокую стоимость изготовления, прост в регулировании и следует ожидать его широкое применение для привода электрических генераторов, насосов и в индивидуальных хозяйствах, а также в регионах, лишенных централизованного энергоснабжения.

Библиографический список

1. Кажинский Б.Б. Свободопоточные гидроэлектростанции малой мощности / Под редакцией Берга. М.: Госэнергоиздат, 1950. Вып. 57. С. 31.
2. Роторный ветродвигатель: пат. 2118703 Рос. Федерация: МПК⁷ F 03 D 3/00.
3. Ротор: пат. 2246634 Рос. Федерация: МПК⁷ F 03 D 3/00.
4. Карусельное ветроколесо: пат. 2057969 Рос. Федерация: МПК⁷ F 03 D 3/00.
5. Ветроколесо: пат. 2069795 Рос. Федерация: МПК⁷ F 03 D 3/00.
6. Карусельный ветродвигатель: а. с. 1537885 СССР: МПК³ F 03 D 3/00.
7. Ротор «Хвост Дельфина»: пат. 34653 Рос. Федерация: МПК⁷ F 03 B 3/12.
8. Ветрогидродвигатель: пат. 55884 Рос. Федерация: МПК⁷ F 03 B 3/12.

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Фролова Н.В., Муранова М.М.

Самарский государственный технический университет

Основными элементами тепловых сетей являются трубопровод, изоляционная конструкция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода.

Наиболее ответственными элементами являются трубы, которые должны быть достаточно прочными и герметичными при максимальных давлениях и температурах теплоносителя.

Тепловая изоляция накладывается на трубопроводы для снижения потерь теплоты при транспортировке теплоносителя. Потери теплоты снижаются при надземной в 10-15 раз, а при подземной в 3-5 раз по сравнению с неизолированными трубопроводами. Теплоизоляционные материалы должны обладать достаточной механической прочностью, долговечностью, гидрофобностью, не создавать условий для возникновения коррозии и при этом быть достаточно дешевыми [1].

Рассмотрим некоторые виды и свойства теплоизоляционных материалов на примере минеральной (каменной) ваты, пенополиуретана и вспененного полиэтилена.

1) Минеральная каменная вата обладает прекрасными теплоизолирующими свойствами. Её волокна прочно удерживают воздух, являющийся хорошим теплоизолятором, потому материалы, изготовленные из каменной ваты, имеют низкую теплопроводность. Пожароустойчивость – одно из важнейших свойств каменной ваты. Она способна выдерживать высокие температуры и не утрачивать при этом своих теплозащитных свойств. Изоляцию из каменной ва-

ты относят к классу негорючих материалов. Теплоизоляция из каменной ваты выдерживает температуру до 700 градусов, не теряя при этом своих физико-механических свойств.

Ещё одно важное свойство каменной ваты – устойчивость к деформации. Волокна в структуре каменной ваты расположены хаотично, это обеспечивает теплоизоляции из этого материала жёсткость и устойчивость к механическим нагрузкам. К главным недостаткам можно отнести относительно высокую цену, необходимость в вентиляции, а также тот факт, что этот материал со временем дает усадку.

2) Пенополиуретан (ППУ) – легкий и прочный гидротеплоизоляционный материал. Пенополиуретан относится к разряду пластмасс, сырьем для изготовления пенопласта служат гранулы полистирола, которые в процессе производства вспучиваются. Пенополиуретан среди теплоизолирующих материалов обладает наиболее низким коэффициентом теплопроводности, $\lambda=0,022$ Вт/(м·К), и высокими гидроизолирующими свойствами (до 99 % закрытых пор), позволяющими использовать его даже как кровельный материал. ППУ химически нейтрален к кислотным и щелочным средам. К недостаткам можно отнести выделение токсичных веществ при воздействии на него открытого огня, также материал является хрупким.

3) Вспененный полиэтилен – полимерный материал из гибкого пористого вспененного полиэтилена с закрытой структурой ячеек. Производится путем физического и химического сшивания пенополиэтилена. Синтетическая природа материала придает ему химическую стойкость и легкость в обработке, а воздух, содержащийся в отдельных пузырьках пенополиэтилена, – его лучшие качества надежного тепло- и гидроизолятора. Говоря про недостатки этого материала, можно упомянуть то, что он является горючим, распространяющим пламя материалом; имеет низкую адгезию (плохую склеиваемость), затрудняющую ее монтаж и снижающую антикоррозионные свойства (при недостаточно плотном контакте изоляции с поверхностью трубы возможно проникновение туда влаги).

В таблице приведены основные характеристики рассматриваемых нами материалов [2].

Теплоизоляционный материал	Степень плотности, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Срок эксплуатации, лет	Диапазон рабочих температур
Минеральная (каменная) вата	55 - 150	0,052 - 0,058	5	40...+120 °С
Пенополиуретан	40 - 160	0,019 - 0,040	30	-200...+150 °С
Вспененный полиэтилен	20 - 40	0,028 - 0,039	20	-40...+100 °С

Как видно из таблицы, пенополиуретан имеет преимущества по сравнению с другими теплоизоляционными материалами:

- обладает низким коэффициентом теплопроводности;
- может быть нанесен на любую поверхность, в т. ч. сложной конфигурации;
- имеет высокую химическую стойкость;

- обладает высокими адгезионными свойствами;
- защищает объекты от действия воды, пара, предотвращает образование ржавчины, коррозии, устойчив к действию микроорганизмов, плесени, гниению, «работает» в грунте (в т.ч. водонасыщенном);
- обладает высокой прочностью и износостойкостью, сохраняет свойства в широком температурном диапазоне от ($-200\text{ }^{\circ}\text{C}$) до ($+150\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Таким образом, современная теплоизоляция труб, агрегатов и других объектов требует использования передовых материалов – например высокопористых теплоизоляторов, а также применения многослойных конструкций с прослойками воздуха либо других газов. Выполнение этих условий позволяет значительно уменьшить вес и толщину теплоизолирующих оболочек (конструкций) с одновременным повышением эффективности всей системы.

Библиографический список

1. Овчаренко Е.Г., Артемьев В.М., Шойхет Б.М., Жолудов В.С. Тепловая изоляция и энергосбережение // Энергосбережение. 1999. № 2.
2. Факторович Л.М. Тепловая изоляция. Л.: Недра, 1966.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Цыганкова Ю.С.

Научно исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: tsygankovays@npi-pineft.tomsk.ru

В настоящее время вопросы повышения эффективности использования энергетических ресурсов и энергосбережения становятся одними из приоритетных направлений [1] для различных отраслей промышленности. Значительный потенциал экономии энергоресурсов скрыт в системе транспорта тепловой энергии. По данным госэнергонадзора, потери теплоты от трубопроводов в окружающую среду достигают 30 % [2] от полезного теплопотребления абонентов. В то время как на практике зачастую задаются значением тепловых потерь в 10 % от расчетной тепловой нагрузки. Такой грубой оценке потерь тепла способствует единственная утвержденная методика расчета тепловых потерь [3]. Методика не учитывает изменение теплозащитных свойств изоляции в процессе эксплуатации тепловых сетей за счет увлажнения материала изоляции дождевыми водами, неоднородности и деформации теплоизоляции по длине трубопровода [4-6]. Следовательно, по [3] сложно установить реальные значения тепловых потерь в сетях.

Цель данной работы – показать возможности энергосбережения за счет декомпозиционного подхода к расчету транспортных потерь тепловой энергии по сравнению с общепринятой методикой [3].

Расчет тепловых потерь проведем на примере межплощадочных тепловых сетей промплощадки Юр-5 Юрубчено-Тохомского месторождения (ЮТМ) (рисунок).

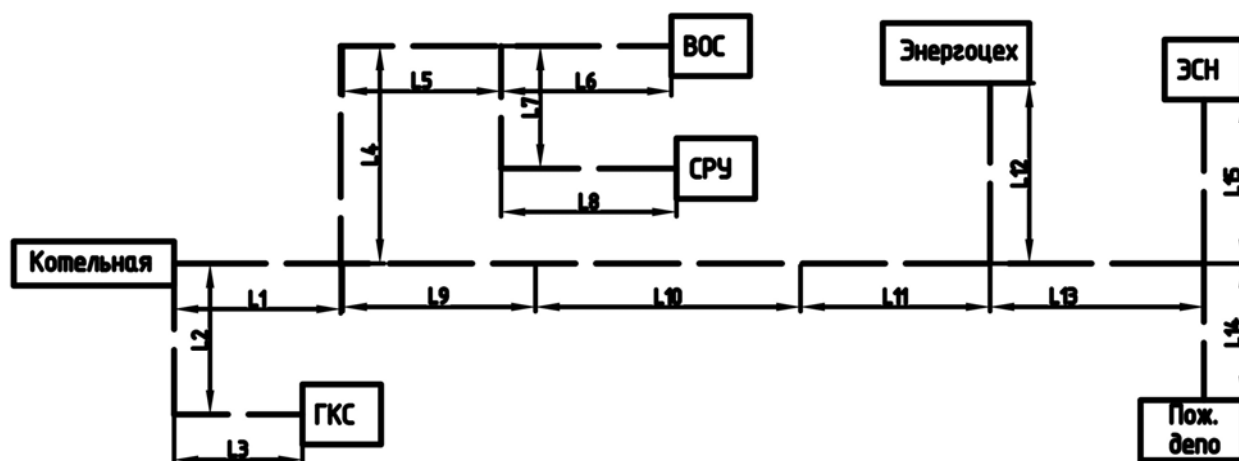


Схема двухтрубной тепловой сети на промплощадке Юр-5
 Обозначения: L1-L15 – характерные участки, различающиеся условиями прокладки и/или состоянием изоляции, --- – надземный способ прокладки

Основными потребителями тепла на объекте являются: газокompрессорная станция (ГКС), водоочистные сооружения (ВОС), солерастворный узел (СРУ), энергоцех, электростанция собственных нужд (ЭСН), пожарное депо, источник тепла – комплектно-блочная котельная на 9,45 МВт. Способ прокладки – надземный на низких опорах. Тепловая изоляция трубопроводов предусматривается из матов стеклянного штапельного волокна в рулонах М-45-10000-100 по ГОСТ 10499-95. Толщина изоляции, согласно проекту: $S_{из} = 80$ мм для трубопроводов диаметром от 100 до 150 мм, $S_{из} = 70$ мм для трубопроводов от 50 до 100 мм, $S_{из} = 60$ мм для трубопроводов менее 50 мм.

Для анализа изменения тепловых потерь в процессе эксплуатации изолированных трубопроводов рассмотрим ряд наиболее часто встречающихся нештатных условий прокладки и ненормативного состояния изоляции тепловых сетей (таблица) [2–6].

Определение тепловых потерь на каждом характерном участке теплотрассы с учетом технического состояния изоляции и условий работы трубопроводов проводилось по методикам [4, 6] в разработанном автором программном комплексе (Свидетельство о регистрации № 2011618250 от 19.10. 2011 г.). В таблице представлены результаты сравнения расчетных тепловых потерь с проектными и нормативными тепловыми потерями [3].

Из таблицы видно, что во всех случаях расчетные тепловые потери превышают проектные. На основании полученных результатов (табл.) можно говорить о том, что предлагаемый декомпозиционный подход к оценке фактических потерь тепла на каждом характерном участке теплотрассы с учетом изменения технического состояния тепловой изоляции со временем более точно отражает значения тепловых потерь в сети теплоснабжения, по сравнению с [3].

Сравнение расчетных, проектных и нормативных тепловых потерь

Объект	Длина ТС, м	Масштабность негативных факторов	Тепловые потери, кВт			Q _{расчет} / Q _{проект}
			Проект	Расчет	Норма	
ГКС	450	67 % ТС – увлажнение на 40 %	21,18	28,88	28,80	1,36
ВОС	810	25 % ТС – деформация изоляции, 2,5 % ТС – отсутствие изоляции	52,08	111,18	66,55	2,13
СРУ	910	22 % ТС – деформация изоляции	47,17	49,37	74,33	1,05
Энерго- цех	720	21 % ТС – деформация изоляции, 14 % ТС – увлажнение на 70 %, 5,5 % ТС – увлажнение на 100 %	50,11	62,15	64,78	1,24
ЭСН	1070	23 % ТС – увлажнение на 10 %, 3,7 % ТС – увлажнение 100 %, 9 % ТС – увлажнение 70 %, 14 % ТС – деформация изоляции	72,48	86,15	93,28	1,19
Пож. депо	840	2,4 % ТС – отсутствие изоляции, 4,8 % ТС – увлажнение на 100 %, 12 % ТС – увлажнение на 70 %, 18 % ТС – деформация изоляции	59,06	154,81	76,36	2,62

Примечание: ТС – тепловая сеть

Расчет тепловых потерь с учетом возможного ухудшения условий эксплуатации теплопроводов при проектировании позволит заложить теплоизоляционные материалы, устойчивые к воздействию предполагаемого негативного фактора и тем самым уменьшить транспортные тепловые потери в тепловых сетях в процессе эксплуатации, продлить срок службы теплотрассы и обеспечить потребителя теплом требуемого качества без лишних затрат. Кроме того, расчет фактических тепловых потерь в действующих тепловых сетях позволит своевременно обнаружить места завышенных тепловых потерь, а, следовательно, выявить нештатные условия эксплуатации и нерегламентное техническое состояние теплоизоляции трубопроводов. Оперативные ремонтные работы обеспечат теплосбережение в тепловых сетях.

Необходимо отметить, что для потребителей ГКС, СРУ, Энергоцех и ЭСН расчетные тепловые потери, возрастая относительно проектных примерно на 20-30 % все равно не превышают нормативные потери [3] (см. табл.). Следовательно, существующие нормы потерь тепла [3] оказываются существенно завышенными для современных типов теплоизоляций, что оставляет огромный запас на возможный рост тепловых потерь в процессе эксплуатации. Тепловые потери, не превышающие установленные нормы, не считаются сверхнормативными и допускаются при работе тепловых сетей. В то время как значительной экономии тепловой энергии при транспортировке теплоносителя можно достичь только за счет организационных мер по корректировке нормативных документов, ужесточения их на 30 % для современных типов изоляции и приведения тепловых потерь к проектным значениям.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Семенов Б.А., Хомякова О.П. Техничко-экономическая оптимизация теплозащиты наружных трубопроводов тепловых сетей // Проблемы энергетики. 2006. № 3-4. С. 61-71.
3. СП 41-103-2000 Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. М.: Госстрой России, 2001. 42 с.
4. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Численный анализ потерь тепла магистральными теплопроводами в условиях полного или частичного затопления // Инженерно-физический журнал. 2008. Т. 81. № 2. С. 303–311.
5. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Обследование технического состояния и реконструкция тепловой изоляции эксплуатируемых магистральных теплопроводов // Энергосбережение. 2002. № 3. С. 60–62.
6. Рахимова Ю.Н. Анализ тепловых потерь теплопроводов в условиях деформации и нарушения целостности теплоизоляции // Современные техника и технологии: Материалы XVII междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск: ТПУ, 2011. Т. 3. С. 257–258.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ МАЗУТОПРОВОДОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

*Чернова М.В., Варфоломеева О. И., Хворенков Д. А., Попов Д. Н.
Ижевский государственный технический университет
tguug@istu.ru*

Во избежание застывания мазута в трубопроводах при его транспорте применяют паромазутопроводы, которые представляют собой систему параллельно проложенных в одной теплоизоляции трубопроводов, один из которых предназначен для транспорта мазута, а остальные являются паропроводами.

Конструктивные решения таких систем расчетами не практически не обосновываются, а принимаются по рекомендациям из справочной литературы. Отсутствие доступных инженерных методик не позволяет при заданных диаметре мазутопровода и марке мазута однозначно определить диаметр паропровода и толщину общей тепловой изоляции.

Целью работы является анализ конструктивных решений систем транспорта мазута с позиции снижения энергозатрат. Рассматривается два варианта прокладки мазутопроводов: с паропроводом-спутником и без него. Исследование проводится путем численного моделирования процессов гидродинамики и теплообмена в линейном участке трубопровода.

Решение задачи выполняется с помощью вычислительного программного комплекса FlowVision. Течение в трубе и теплообмен описываются системой дифференциальных уравнений, включающей уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости в трехмерной постановке:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla(V \otimes V) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla((\mu + \mu_t)(\nabla V + (\nabla V)^T)) + S; \quad \nabla V = 0,$$

а также уравнение энергии:
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (Vh) = \frac{1}{\rho} \nabla \cdot \left(\left(\frac{\lambda}{c_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \cdot \frac{\nabla h}{1} \right) + \frac{Q}{\rho}.$$

Прокладка мазутопровода в тепловой изоляции без паропровода-спутника

Расчетная область представляет собой участок мазутопровода в виде сектора с углом раскрытия 90°, диаметром 50 мм и длиной 2 м.

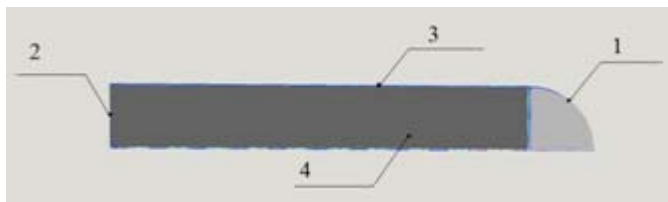


Рис. 1. Расчетная область трубы:

- 1 – вход потока;
- 2 – выход потока;
- 3 – стенка;
- 4 – симметрия.

Теплофизические свойства мазута заданы функциями от температуры. Использовались следующие начальные условия: $t_{\text{нач}}=20^\circ\text{C}$; $v=0$ м/с; $P=101$ кПа. Граничные условия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Граничные условия для расчетной области без паропровода-спутника

Позиция по рис. 1	Тип границы	Граничные условия
1	Вход потока	температура на стенке 80°C ; скорость $0,0894$ м/с (соответствует $Re=1000$);
2	Выход потока	$\frac{dv}{dx} = 0$; $\frac{dt}{dx} = 0$;
3	Стенка	скорость 0 м/с; $\alpha_{\text{эkv}} (t_{\text{стенка}}^{\text{стенка}} - t_{\text{нар}}) = q_w$;
4	Плоскость симметрии	$\frac{dv}{dn} = 0$; $\frac{dt}{dn} = 0$.

Термическое сопротивление стенки трубы с теплоизоляцией и теплообмен на наружной поверхности теплоизоляции учитывается эквивалентным коэффициентом теплообмена:

$$\alpha_{\text{эkv}} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{теплоизол}}}{\lambda_{\text{теплоизол}}} \right)^{-1}.$$

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{нар}}$ на границе 3 определялся путем решения критериального уравнения $Nu=0,02 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr_{\text{жс}}/Pr_c)^{0,25}$.

В результате решения были получены поля скорости (рис. 2) и температуры (рис. 3).

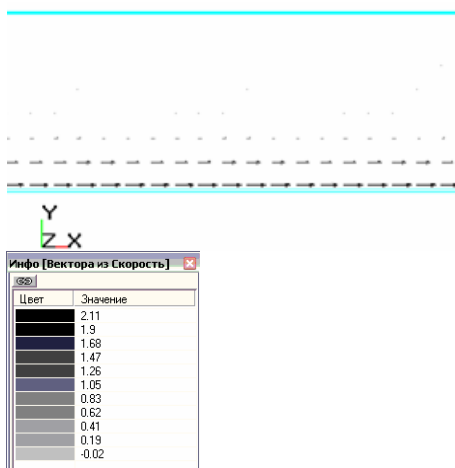


Рис. 2 Поле скорости в мазутопроводе

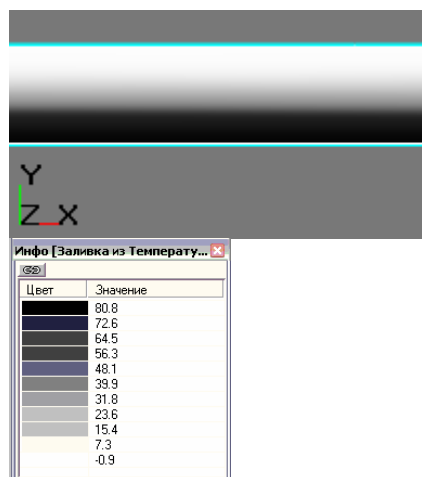


Рис. 3 Поле температуры в мазутопроводе

Из рис. 2 и 3 видно, что пристенная область имеет низкую температуру, и, как следствие, высокий коэффициент вязкости, что приводит к существенному торможению потока в этой зоне. При этом в центральной части мазутопровода наблюдается значительное увеличение скорости среды с переходом режима течения в турбулентный.

Прокладка мазутопровода с паропроводом-спутником в общей изоляции

Постановка данной задачи требует разработки двух расчетных областей, представленных на рис. 4. Расчетная область 1 – область течения мазута; расчетная область 2 – теплоизоляция (маты минераловатные). Теплофизические свойства мазута и теплоизоляции заданы функциями от температуры.

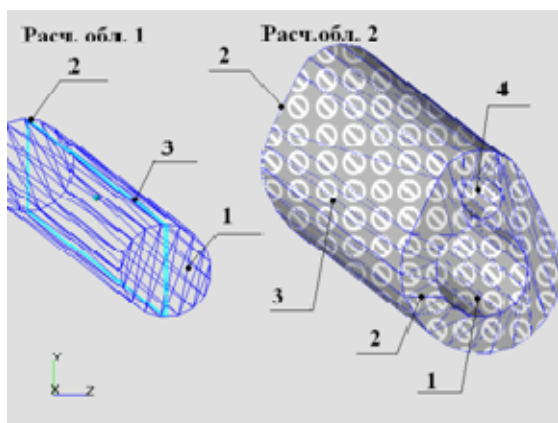


Рис. 4. Расчетные области мазутопровода со спутником.

Расчетная область 1: 1 – вход потока; 2 – выход потока; 3 – сопряжение с поверхностью 1 расчетной области 2; расчетная область 2: 1 – сопряжение с поверхностью 3 расчетной области 1; 2 – торец теплоизоляции; 3 – наружная стенка теплоизоляции; 4 – граница, сопрягаемая с паропроводом.

Использовались следующие начальные условия: $t_{\text{нач}}=80\text{ }^{\circ}\text{C}$; $v=0\text{ м/с}$; $P=101\text{ кПа}$. Граничные условия для рассматриваемых расчетных областей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Граничные условия для расчетных областей с паропроводом-спутником

Позиция по рис. 1	Тип границы	Граничные условия
Расчетная область течения мазута (расчетная область 1 на рис. 4)		
1	Вход потока	температура на стенке 80 °С; скорость 0,0894 м/с (соответствует $Re=1000$);
2	Выход потока	$\frac{dv}{dx} = 0$; $\frac{dt}{dx} = 0$;
3	Стенка (сопряженная с границей 1 расчетной области 2)	скорость 0 м/с; $t_{\text{маз}} _w = t_{\text{теплоизол}} _w$;
Расчетная область теплоизоляции (расчетная область 2 на рис. 4)		
1	Стенка (сопряженная с границей 3 расчетной области 1)	$t_{\text{теплоизол}} _w = t_{\text{маз}} _w$;
2	Торец теплоизоляции	$\frac{dt}{dx} = 0$;
3	Наружная стенка теплоизоляции	$\lambda \frac{dt}{dn} _w = \alpha_{\text{нар}} (t_{\text{стенка теплоизол}} - t_{\text{нар}})$;
4	Граница, сопрягаемая с паропроводом	$t_{\text{теплоизол}} _w = t_{\text{пар}} = 165 \text{ °С}$.

В настоящее время ведется подготовка к численному эксперименту по моделированию течения мазута в общей изоляции с паропроводом-спутником.

Библиографический список

1. Назмеев Ю.Г. Мазутные хозяйства ТЭС. М.: МЭИ, 2002. 612 с.
2. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. М.: Изд-во «Мир», 1964. 216 с.
3. СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Чечушков Д.А., Паниковская Т. Ю.
УрФУ, Chechushkov@gmail.com

Для количественной оценки качества электрической энергии ГОСТ [1] регламентирует систему единичных или обобщенных показателей качества электрической энергии (ПКЭЭ). В результате снижение ПКЭЭ приводит к экономическому ущербу, который в целом по энергоснабжающим организациям и промышленным потребителям будет значительным [2].

В практике отечественной и зарубежной энергетики обычно считается, что на электрических станциях производится электрическая энергия достаточно высокого качества, а ухудшение КЭЭ происходит в процессе её передачи и потребления в результате влияния электрических приемников. Однако, часть авторов считает, что проектирование современных экономичных генераторов при

более эффективным использованием стали приводить к повышению искажений формы кривой напряжения, особенно в условиях, отличных от нормальных. [3].

Произведены замеры токов, напряжений, мощностей и выполнены их гармонический анализ и исследование несимметрии, для двух турбогенераторов (Т-2-12 3), выполнены контроль и анализ показателей качества электрической энергии на холостом ходу в зависимости от токов возбуждения генератора, и для генератора, имеющего тяговую нагрузку и нагрузку в виде прокатного стана.

Вычисление значений ПКЭЭ производилось по следующим выражениям.

Отклонение напряжения в электрической сети ΔU в % предлагается определять по следующей формуле

$$\Delta U \approx \frac{RP + QX}{U_{ном}} = \frac{R(P_c - P_{pg}) + X(Q_c - Q_{pg})}{U_{ном}} \times 100, \quad (1)$$

где R – активное сопротивление электрической сети;

X – реактивное сопротивление электрической сети;

P_c и Q_c – активная и реактивная мощности системы, соответственно;

P_{pg} и Q_{pg} – активная и реактивная мощность источника РГ, соответственно.

В случае холостого хода генератора отклонение напряжения в % определяется по следующей формуле:

$$\Delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \times 100. \quad (1.1)$$

Коэффициент несинусоидальности кривой напряжения в % определялся по следующей формуле

$$K_{н.с.} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{ном}} \times 100 \% . \quad (2)$$

Значения n – й гармонической составляющей в % определяется следующими выражениями

$$K_{U(n)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (K_{U(n)i})^2}, \quad (3)$$

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{1i}} \times 100, \quad (4)$$

где U_{1i} – действующее значение напряжения основной частоты на i -м наблюдении в вольтах, киловольтах.

Высшие гармоники напряжений и токов приводят к дополнительным всегда положительным отклонениям напряжения у приемников. Для многих приемников важно действующее значение напряжения, определяемое по формуле

$$U = \sqrt{\sum_{v=1}^N U_v^2}. \quad (5)$$

Обработка полученных данных по измерениям и моделирование проводились с использованием следующих программных пакетов: математического пакета MathCAD и табличного процессора Excel.

Ниже представлен протокол № 1 «Режим холостого хода при вариации тока возбуждения», включающий в себя: уровни линейного напряжения, коэффициенты несинусоидальности и спектральный состав напряжения.

Таблица 1

Измеренные параметры КЭЭ

Вторичное напряжение ТН, В			Коэффициент несинусоидальности, %			Уровни гармоник, %			№ гармоник	Ток ротора, А
U _{BA}	U _{CB}	U _{AC}	КНС,BA	КНС,CB	КНС,AC	UГВА	UГCB	UГАС	n	Ip(xx)
48,4	47,9	48	0,8	0,7	0,7	0	0,1	0,4	3	20
48,6	47,7	48,1				0	0	0	5	
48,3	47,8	47,8				0,1	0,1	0,1	7	
77,3	77,3	77,9	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,5	3	40
77,1	77,2	77,8				0,6	0,8	0,1	5	
77,4	77,3	77,9				0,2	0,3	0,2	7	
108,1	107,5	107,9	0,4	0,6	0,8	0,1	0,1	0,1	3	60
108,2	107,3	108				0,2	0,3	0,7	5	
108,3	107,6	107,9				0	0,2	0,3	7	
120,9	120,1	121	0,6	0,6	1	0,3	0,3	0,8	3	80
121	120,7	120,6				0	0,2	0,2	5	
120,8	120,6	121,1				0,2	0,1	0,2	7	

На основании полученных и обработанных результатов ПКЭЭ на выводах ненагруженного генератора подтверждается вывод о том, что искажения напряжения, вносимые генератором, существенно меньше нормируемых стандартом. Некоторое превышение напряжения достаточно типично для напряжений холостого хода генератора.

Также были проведены измерения ПКЭЭ на других генераторах, работающих под нагрузкой, один из генераторов – генератор № 3, к которому подключен электротранспорт и прокатный стан. Имеет большие по величине отклонения ПКЭЭ, как и предполагалось в силу нелинейной нагрузки, непосредственно подключенной к генератору.

Таблица 2

Измеряемые величины

Параметр	Абсол. мах, кВ	Абсол. мин, кВ	Основная гармоника			$\Delta U(t)$, %	Фазный ток, кА		
			Амплитуда, кВ	Фазовый угол, °	Действ. знач., кВ		I _a	I _b	I _c
U _a	4,818	-5,282	4,944	343,694	3,496	1,595	1,08	1,08	1,11
U _b	4,596	-5,221	4,815	114,003	3,405	2,659	Угол фазного тока, °эл		
U _c	5,564	-6,189	5,796	237,109	4,098	2,259	85 (индукт)	36 (емкост)	155 (индукт)

Коэффициент n-ой гармонической составляющей, %

n	Ua	Ub	Uc	Ia	Ic
1	95,84	93,33	112,3	100	100
2	0,4	0,31	0,57	0,32	0,5
3	0,18	0,2	0,76	3,9	3,05
4	0,25	0,05	0,41	0,05	0,03
5	0,2	0,01	0,66	1,66	1,35
6	0,25	0,03	0,17	0,02	0,04
7	0,13	0,17	0,19	0,1	0,24

Можно сделать вывод о том, что основным источником отклонений ПКЭЭ от нормированных являются нелинейные нагрузки, характерные для преобразователей прокатного стана. Но при правильном использовании фильтрокомпенсирующих устройств ПКЭЭ можно привести к удовлетворяющим величинам. Требуется более детальный анализ и дополнительные измерения для оценки основного источника искажений ПКЭЭ. Но в целом делается вывод, что установки РГ удовлетворяют показателю (3) в [4] и, тем самым, создают экономические плюсы при их использовании.

Библиографический список

1. ГОСТ 13109-97 Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения.
2. Баркан Я.Д. Эксплуатация электрических систем. М.: Высшая школа. 1990.
3. Коган Ф.Л. Анормальные режимы турбогенераторов. М., 1988.
4. Бартоломей П.И. Паниковская Т.Ю., Чечушков Д.А. Анализ влияния распределенной генерации на свойства ЭЭС // Энергетика России в 21 веке – Восточный вектор: Сб. тр. объединенного симпозиума. Иркутск, 2010. С4-5.
5. Паниковская Т.Ю., Чечушков Д.А. Математическая модель для оценки инвестиционной привлекательности распределенной генерации // Энергетика глазами молодежи: Сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2010. С. 370-374.

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В РЕАКТОРЕ ГИДРОКРЕКИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ КАТАЛИЗАТОРА В ВИДЕ НАНОЧАСТИЦ

*Чистяков К. А., Белоусова О. А., Павлович О. Н.
УрФУ*

Расход энергии на проведение химических реакций гидрокрекинга является одной из важнейших характеристик технологического процесса. Одной из целей теплового расчета процесса в реакторе гидрокрекинга является определение расхода теплоносителя или охлаждающего агента. Рассмотрим тепловой баланс реактора в процессе гидрокрекинга с суспендированным катализатором [1]. Поскольку размер частиц катализатора на несколько порядков ближе к размеру молекулы нефти, чем любого катализатора на носителе, то в реакторе происходит сохранение гомогенной среды.

Уравнение теплового баланса реактора можно представить в следующем виде:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}, \text{ или } Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5,$$

где Q_1 – теплосодержание смеси исходных веществ, при загрузке в реактор, кДж/ч; Q_2 – тепло, которое необходимо подвести к реакционной массе или отвести от нее для обеспечения нужного температурного режима процесса, кДж/ч; Q_3 – тепловой эффект процесса, кДж/ч; Q_4 – теплосодержание реакционной массы (продуктов реакции) при соответствующей температуре, кДж/ч; Q_5 – тепловые потери в окружающую среду, кДж/ч.

Учитываем теплосодержание наночастиц катализатора в составе рециркулянта.

Расчет теплосодержания смеси исходных веществ, кДж/кг, находим по формуле:

$$Q_1 = G_{\text{гуд}} C_{\text{гуд}} T_{\text{гуд}} + G_{\text{рец}} C_{\text{рец}} T_{\text{рец}} + G_{\text{вод}} C_{\text{вод}} T_{\text{вод}},$$

где $G_{\text{гуд}}$, $G_{\text{рец}}$, $G_{\text{вод}}$ – массовые расходы соответственно сырья (гудрона), рециркулянта (тяжелого остатка с температурой кипения $> 350^\circ\text{C}$, содержащего катализатор в виде наночастиц) и водорода; $C_{\text{гуд}}$, $C_{\text{рец}}$, $C_{\text{вод}}$ – теплоемкости соответственно сырья, рециркулянта и водорода; $T_{\text{гуд}}$, $T_{\text{рец}}$, $T_{\text{вод}}$ – температуры соответственно сырья, рециркулянта, водорода.

Тогда $Q_1 = 20830 \cdot 2,09 \cdot 733 + 5000 \cdot 2,15 \cdot 703 + 750000 \cdot 14,33 \cdot 723 = 7809910685$ кДж/ч.

Расчет теплосодержания реакционной массы, кДж/час, находим по формуле:

$$Q_4 = G_{\text{пр}} C_{\text{пр}} T_{\text{пр}} + G_{\text{вод}} C_{\text{вод}} T_{\text{вод}} + G_{\text{ам}} C_{\text{ам}} T_{\text{ам}} + G_{\text{св}} C_{\text{св}} T_{\text{св}} + G_{\text{увг}} C_{\text{увг}} T_{\text{увг}},$$

где $G_{\text{пр}}$, $G_{\text{вод}}$, $G_{\text{ам}}$, $G_{\text{св}}$, $G_{\text{увг}}$ – массовые расходы соответственно продукта реакции (смесь нефтепродуктов), непрореагировавшего водорода, аммиака, сероводорода и углеводородных газов ($C_1 - C_4$); $C_{\text{пр}}$, $C_{\text{вод}}$, $C_{\text{ам}}$, $C_{\text{св}}$, $C_{\text{увг}}$ – теплоемкости соответственно продукта, водорода, аммиака, сероводорода и углеводородных газов; $T_{\text{пр}}$, $T_{\text{вод}}$, $T_{\text{ам}}$, $T_{\text{св}}$, $T_{\text{увг}}$ – температуры соответственно продукта, водорода, аммиака, сероводорода и углеводородных газов.

Тогда $Q_4 = 19542 \cdot 2,1 \cdot 713 + 749375 \cdot 14,63 \cdot 713 + 167 \cdot 0,622 \cdot 713 + 667 \cdot 0,254 \cdot 713 + 1667 \cdot 3,6 \cdot 713 = 7850606955$ кДж/ч.

Тепловой эффект процесса гидрокрекинга равен 832 кДж/кг [2]. Следовательно, при производительности реактора, равной 25830 кг/ч, тепловой эффект процесса, Q_3 равен 21490560 кДж/ч.

С учетом техники безопасности температуру наружной поверхности теплоизоляции при нагревании принимаем равной 40°C . Минимальная толщина слоя изоляции равна 0,06 м [3].

Потери тепла от реактора в окружающую среду, кДж/кг, рассчитываем по формуле:

$$Q_5 = \alpha_{\text{возд}} F_{\text{изол}} \tau (t_{\text{изол}} - t_{\text{возд}}),$$

где $\alpha_{\text{возд}}$ – коэффициент теплопередачи от стенки к воздуху, учитывающий передачу тепла как конвекцией, так и лучеиспусканием, Вт/(м²·К°); $\alpha_{\text{возд}} = 9,74 + 0,07(40 - 20) = 11,14$ Вт/(м²·К°) [3]; $F_{\text{изол}}$ – площадь поверхности изоляции реактора, через которую тепло теряется в окружающую среду, м²; τ – продолжительность тепловой ступени процесса, с; $\tau = 3600$ с.

$$F_{\text{изол}} = 2\pi rL,$$

где L – высота реактора, м; r – сумма радиуса реактора и минимальной толщины изоляции, м.

Тогда $F_{\text{изол}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 26 = 244,92$ м², а $Q_5 = 11,14 \cdot 244,92 \cdot 3600 \cdot 20 = 196445433$ кДж/ч.

Полученные результаты сведены в итоговую таблицу.

Тепловой баланс реактора гидрокрекинга

Статьи прихода			Статьи расхода		
Тепловая энергия	кДж/ч	%, масс.	Тепловая энергия	кДж/ч	%, масс.
1. Теплосодержание смеси исходных веществ	7809910685	99,7	1. Теплосодержание реакционной массы	7850606955	97,6
2. Тепловой эффект процесса	21490560	0,3	2. Тепловые потери в окружающую среду	196445433	2,4
Итого:	7831401245	100	Итого:	8047052388	100

Невязка баланса равна $(7831401245 - 8047052388) / 7831401245 \cdot 100 = 2,75$ %, что находится в пределах допустимого.

После расчета теплового баланса можно сделать вывод, что реактор не нуждается в отводе или подводе тепла извне, то есть расходе теплоносителя или охлаждающего агента. Температура по высоте реактора поддерживается за счет теплового эффекта экзотермической реакции гидрокрекинга.

Поскольку размер частиц суспендированного катализатора на несколько порядков ближе к размеру молекулы нефти, чем любого катализатора на носителе, то в реакторе происходит сохранение гомогенной среды, и теплосодержание катализатора возможно учитывать в составе рециркулята, нет потерь тепла на нагрев носителя.

Библиографический список

1. Облагораживание сверхтяжелого сырья гидрокрекингом // Нефтегазовые технологии. 2010. № 6. С. 82.
2. Абад-заде И. Х. Закономерности гидрокрекинга тяжелых нефтяных остатков // Химия и технология топлив и масел. 2009. № 4. С. 23–25.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. 496 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА RUSTAB НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

*Шабалин Г.С.
УрФУ, free20100207@yandex.ru*

Современный этап развития энергосистемы характеризуется совмещением двух тенденций, имеющих противоположную направленность – с одной стороны, продолжается строительство крупных энергоблоков, расположенных либо рядом с потребителями электроэнергии, либо рядом с энергетической базой, – с другой же стороны, широкое распространение приобретает распределенная генерация – такой вид генерации, когда она приближена к потребителям и имеет относительно небольшую величину. В чем разница данных подходов? Первый предполагает снижение стоимости электроэнергии за счет уменьшения удельной стоимости производства электроэнергии и удельной стоимости капитальных вложений (эффект масштаба). Второй подход получил распространение лишь в последние годы, когда стало возможно производить на «маломощных» генераторах электроэнергию, по цене сопоставимую с той, которая производится на крупных энергоблоках.

В чем же заключаются достоинства второго подхода? В нынешней энергосистеме около 5-7 % электроэнергии теряется при ее передаче (за счет потерь и расходов на собственные нужды энергообъектов). В сетях с распределенной генерацией потери резко снижаются. Это происходит за счет следующих факторов:

- уменьшаются расстояния между генерацией и потреблением, тем самым происходит уменьшение сопротивлений – а значит, и потерь (причем положительным фактором является сокращение не только активных потерь, но и реактивных – так как уменьшается полная мощность, которую мы должны «гнать» по сети, то есть минимизируем потери активной мощности);
- уменьшение величин потоков также приводит к сокращению потерь электроэнергии;
- возможность широкого использования альтернативных, возобновляемых источников электрической энергии и высокоэффективных мини-источников с высоким КПД (до 55-60 %);
- способствует распространению требуемых государством экологических правил, норм и принципов;
- развитие распределительной генерации разгружает как основную, так и распределительную сеть, что освобождает пропускные способности связей;
- адаптация потребителей к рыночной неопределенности в развитии электроэнергетики и в ценах на электроэнергию, способствует снижению рисков диверсификационной безопасности.

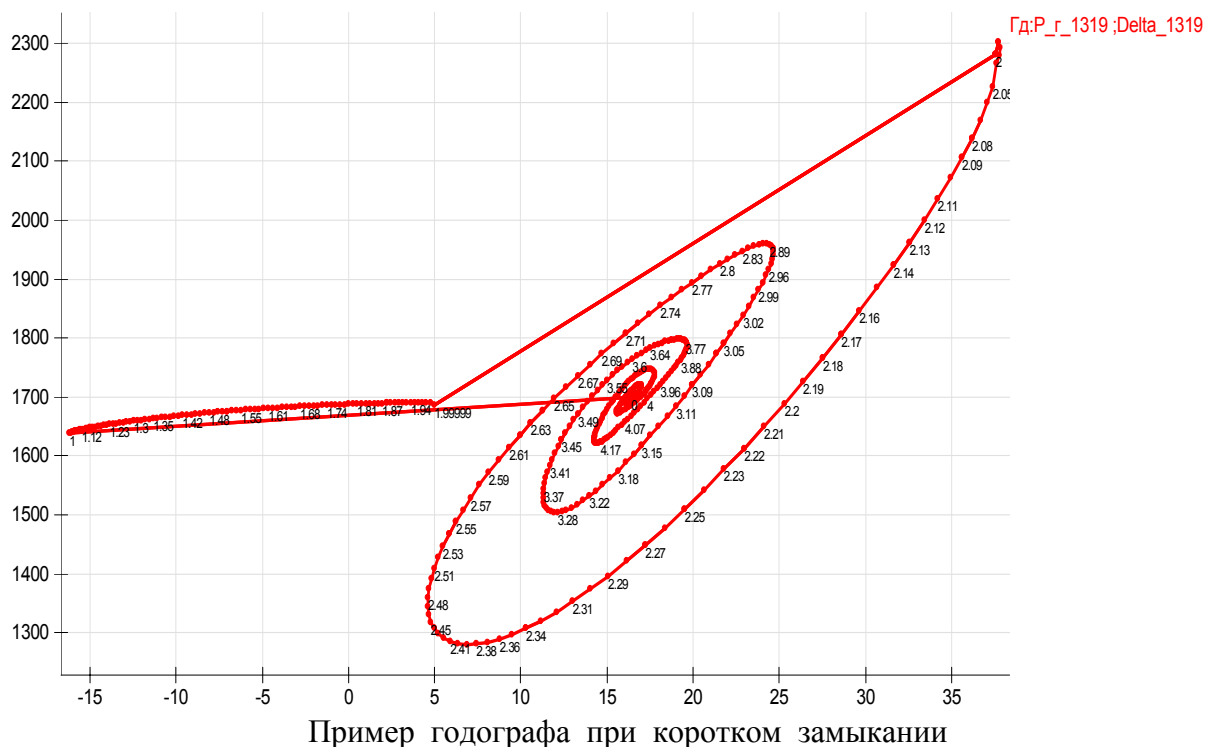
Однако переход к сети с распределенной генерацией несет в себе и ряд сложностей:

- вопрос устойчивости в энергосистеме усложняется многократно, приходится учитывать новые элементы ЭЭС, во многом с новыми динамическими характеристиками и возможностями управления;
- многократное усложнение оперативно-диспетчерского управления и планирования режима в виду того, что необходимо отслеживать множество потоков, значительная часть которых будет иметь реверсивный характер;
- неоднозначное влияние распределенной генерации на качество электроэнергии по уровням напряжения (в виду явления «фликкер» – быстрые колебания напряжения в узле);
- неоднозначное влияние на генерацию высших гармоник в системе (одно из их следствий – дополнительные потери);
- возможен рост токов короткого замыкания;
- усложнение автоматики защиты и управления.

Обобщая все рассмотренные выше факторы, можно утверждать что сеть с распределенной генерацией является экономически целесообразной и приводит к сбережению электроэнергии, а значит, и ресурсосбережению.

Но для того, чтобы распределенная генерация была возможна, необходимо, чтобы режим существовал, был устойчив. Данную задачу фактически нельзя решить обычными методами, поэтому нам необходимо пользоваться программным обеспечением, позволяющим оптимизировать и упростить расчет устойчивости. Таким программным комплексом является RUStab.

Программный комплекс RUStab разработан для расчетов динамической устойчивости энергосистем. Основные элементы пользовательского интерфейса, организация базы данных модули расчета установившегося режима унаследованы от ПК RastrWin, модели динамических устройств во многом аналогичны ПК Mustang. В тоже время в ПК RUStab имеются новые разработки в части пользовательских интерфейсов и создания новых моделей. В данной программе мы можем моделировать фактически любой генератор, от «шин бесконечной мощности» до любого небольшого синхронного генератора, причем уравнение движения его ротора может быть учтено очень точно. RUStab производит предварительный расчет установившегося режима модели, тем самым в ряде случаев может отсутствовать необходимость расчета установившегося режима в программном комплексе RASTR. В RUStab предусмотрена система моделирования событий, которые могут происходить в процессе расчета. Эта система объединяет две очень близкие по смыслу подсистемы: подсистему моделирования автоматики и подсистему моделирования сценария расчета динамики. По принципу построения «Пусковые органы» – «Логика» – «Действия» построен механизм организации сценария расчета. Сценарий предназначен для моделирования событий, которые должны произойти в модели в процессе расчета. Разделение автоматики и сценария сделано с целью обеспечить независимость описания автоматики от описания событий, и тем самым получить возможность на одной и той же автоматике выполнять разные варианты расчетов (и наоборот). ПК RUStab предусматривает возможность построить графики и годографы по результатам расчета, чем достигается наглядность полученных результатов, что упрощает работу, делает результаты более наглядными.



Пример годографа при коротком замыкании

Таким образом, можно утверждать, что программный комплекс RUStab является фактором, способствующим переходу на распределенную генерацию, а значит, и способствующим энерго- и ресурсосбережению.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ АВТОНОМНОГО РЕГИСТРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО В ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Шведов С. В., Гнездов Е. Н.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

E-mail: tevp@tvp.ispu.ru

В туннельных печах для обжига керамических изделий необходимо контролировать технологический режим работы, в том числе и температуру изделий. Это сделать достаточно трудно, так как температуры обжига высокие (до 1050 °С) и вагонетки с пакетами керамических изделий движутся вдоль печи.

Для контроля температурного поля изделий удобно установить прибор-регистратор под движущейся вагонеткой. Но при этом нужно обеспечить температуру окружающей среды для прибора не выше 50 °С. В самой горячей зоне температура под вагонеткой достигает 300...350 °С, поэтому нужно иметь специальное устройство для стабилизации температуры – холодильник.

Конструктивно холодильник (рис. 1) состоит из ящика (1) с теплоизоляционными стенками (2) и холодильного агента (3). Внутри находится термостат, куда помещается регистрирующий прибор. Ящик находится между несущими элементами рамы, вблизи от колес.

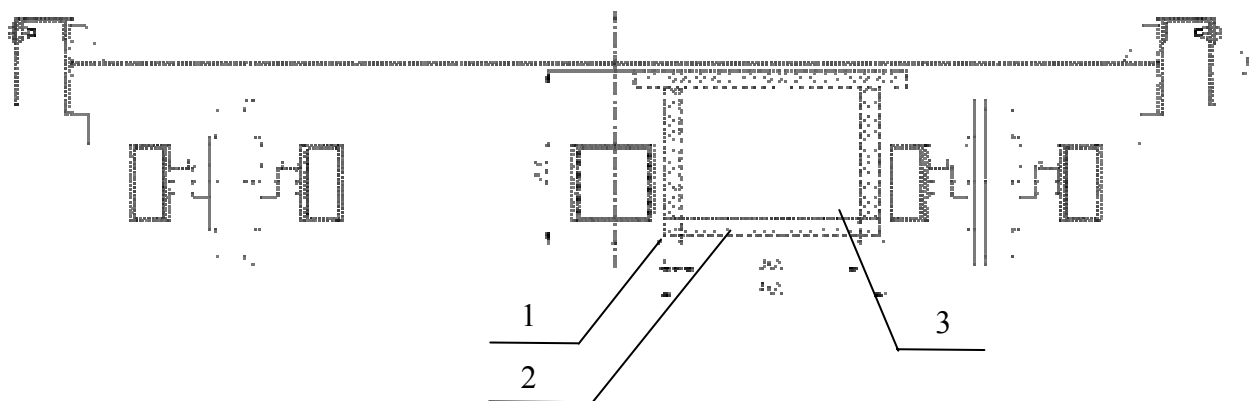


Рис. 1. Схема расположения холодильника под вагонеткой

В качестве датчиков температуры используются термодатчики в фарфоровой изоляции. Их холодные спаи выведены под вагонетку на клеммную колодку, соединенную с адаптером. Адаптер преобразует сигнал термодатчиков и подает его на универсальный регистратор параметров (рис. 2).

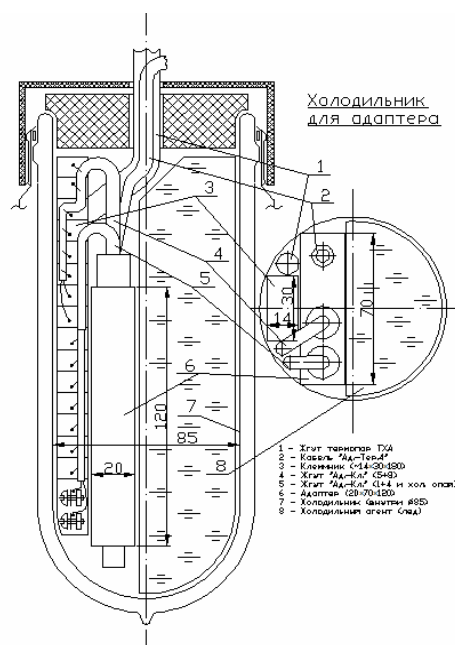


Рис. 2. Схема регистрирующего прибора

Данная система позволяет собирать 8...16 термодатчиков, расположенных в различных местах садки керамических изделий. Полученные кривые изменения температур покажут соответствие реального хода процесса обжига и

позволят оптимизировать технологический процесс.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И АНАЛИЗ УДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Щербинин К.А., Ивакина С.А., Бородин В.С., Муңц Ю.Г., Муңц В.А.
УрФУ, sherbiniin.ka@gmail.com

Расчет тепловых нагрузок по укрупненным показателям проводится при отсутствии проектных данных на здания, а также в случае, когда для наладки систем водяного отопления достаточно определения тепловой нагрузки здания в целом. Наиболее распространённая и используемая более 50 лет методика основывалась на определении тепловой нагрузки здания в зависимости от его

объема, определенного по наружному обмеру, данная в работах Соколова Е.Я. [1] и Апарцева М.М. [2]. Наконец, в 2000 году МДМ 41-4.2000 [3] была узаконена Приказом Госстроя России № 105 от 6 мая 2000 г. В соответствии с данным документом, расчетную часовую тепловую нагрузку отопления отдельного здания (для анализа – без учета инфильтрации) определяют следующим образом:

$$Q_o = \alpha V q_o (t_g - t_{p.o}), \quad (1)$$

где q_o – удельная отопительная характеристика здания при расчётной температуре для систем отопления $t_{p.o} = -30$ °С, ккал/м³·ч·°С (Вт/м³·°С); α – поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчетной температуры наружного воздуха для проектирования систем отопления t_g в местности, где расположено рассматриваемое здание, от $t_{p.o} = -30$ °С, при которой определено соответствующее значение q_o ; V – объём здания по наружному обмеру, м³.

Данная методика расчета неоднократно подвергалась критике, например, в работе Беляйкиной И.В. [4], поскольку она не учитывает множество факторов, определяющих теплопотери: конфигурацию здания в плане, его высоту, долю остекления и др. Тем не менее, удельные отопительные характеристики, данные в работе Соколова Е.Я. [1] для зданий, построенных до 1958 года, вполне удовлетворительно совпадают (рис. 1) с рядом проектных значений удельных тепловых потерь для кирпичных зданий высотой от 1 до 5 этажей с объёмом от 750 до 20000 м³ [4, с. 96]. Удельные отопительные характеристики, данные в работе

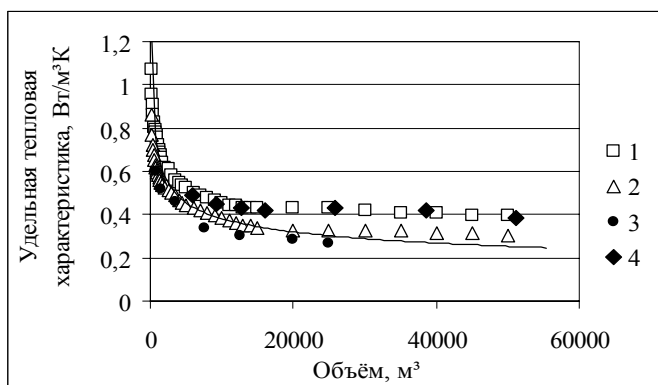


Рис. 1. Зависимость удельной отопительной характеристики от объёма здания: 1 – данные [3, с. 19] после 1958 г.; 2 – данные [3, с. 19] до 1958 г.; 3 – данные из работы Беляйкиной И.В. [4], кирпичные жилые здания; 4 – данные работы Беляйкиной И.В. [4], здания из сборного железобетона; линия – расчет по (4)

Соколова Е.Я. [1] для зданий, построенных после 1958 года (когда и началось панельное домостроение), вполне удовлетворительно совпадают (рис. 1) с рядом данных для типовых проектов многосекционных зданий с наружными стенами из железобетонных блоков [4, с. 96].

Если говорить о районных городах (исключая крупные областные города), то очевидно, что существующий муниципальный фонд построен во времена СССР, когда действовал СНиП II-A.7-71 [6]. Данный СНиП не нормировал абсолютных значений термических сопротивлений ограждений, а нормировал перепад между температурой воздуха в помещении и температурой на внутренней поверхности ограждений: для стен перепад составлял 6 °С, для чердачных перекрытий и покрытий – 4,5 °С [5, с. 74]. Нормировалось термическое сопротивление теплоотдачи для внутренних поверхностей стен, полов, а также потолков $R_1 = 0,133$ °С·м²·ч/ккал, и для наружных поверхностей, граничащих с наружным воздухом $R_2 = 0,05$ °С·м²·ч/ккал [5, с. 39]. На основе этих данных, мо-

жет быть рассчитан удельный тепловой поток и термические сопротивления ограждений R_i из следующего равенства

$$q = \frac{\Delta t}{R_{\Sigma}} = \frac{t_e - t_{po}}{R_1 + R_i + R_2}. \quad (2)$$

Кроме того, СНиП II-A.7-71 нормирует коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждений по отношению к наружному воздуху: для наружных стен $n_{cm}=1$, для чердачных перекрытий и бесчердачных покрытий $n_{нок}=0,9$, для перекрытий над неотапливаемыми подвалами $n_{пер}=0,6$.

На основе этих данных, которые были правилом, определяющим минимальные термические сопротивления ограждений зданий, построенных в 70-е и 80-е годы, можно рассчитать удельную отопительную характеристику, отнесенную к единице объёма здания:

$$q_o = \frac{\Sigma F_i / R_i}{V} = \frac{1}{V} \left[\frac{F_{нар}}{R_{cm}} \cdot (1 - \rho) + \frac{F_{нар}}{R_{np}} \cdot \rho + \frac{n_{нок} F_{нок}}{R_{нок}} + \frac{n_{пер} F_{пер}}{R_{пер}} \right], \quad (3)$$

где $R_{ст}$; $R_{пр}$; $R_{нок}$; $R_{пер}$ – термические сопротивления стен, оконных проёмов, покрытий и перекрытий соответственно; c – коэффициент остекления. Учитывая, что объем зданий прямоугольной конфигурации можно представить как произведение $V \approx F_{пер} \cdot H \approx F_{пер} \cdot H$ (где H – высота здания), а отношение площади поверхности наружных стен к объёму здания представляет собой отношение периметра основания здания к его площади: $2(a+b)/(a \cdot b) = (2/b) \cdot (1 + a/b)$, в работе Беляйкиной И.В. [4] получено выражение для удельной отопительной характеристики в виде:

$$q_o = \frac{2}{b} \cdot \left(1 + \frac{1}{m} \right) \cdot \left(\frac{(1 - \rho)}{R_{cm}} + \frac{\rho}{R_{np}} \right) + \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{n_{нок}}{R_{нок}} + \frac{n_{пер}}{R_{пер}} \right), \quad (4)$$

где b – ширина здания, которая может быть принята для жилых зданий в диапазоне от 5 до 14 м? исходя из условий освещенности, а m – отношение длины здания к его ширине, которая может меняться в диапазоне от 1 до 10. Термическое сопротивление оконных проёмов принято равным $R_o=0,44$ °С·м²/Вт, в соответствии с приложением 6*, взятым из СНиП II-3-79 [7], доля остекления $c=0,18$, взята из СНиП 23-02-2003 [8]. Рассчитанные по данным СНиП II-A.7-71 [6] в соответствии с выражением (2) термические сопротивления составили при $t_{p.o.} = -35$ °С: для стен $R_{ст} = 0,89$ °С·м²/Вт, для покрытий и перекрытий $R_{нок}=R_{пер}=1,2$ °С·м²/Вт. На рис. 1 приведено сопоставление рассчитанных по (4) (диапазон $b=5-12$, $H=4-64$ м; $m=1-10$) удельных тепловых характеристик с нормируемыми в МДМ 41-4.2000 [3] значениями и данными реальных проектов, приведенных в работе Беляйкиной И.В., которое подтверждает правомерность использования для расчётов удельной тепловой характеристики, определённой по наружному объёму зданий.

Анализируя выражение (4), следует отметить, что основными параметрами, определяющими соотношение потерь теплоты через различные виды ограждений, являются высота и ширина зданий. Ширина зданий не может меняться в широких пределах для жилых зданий из условий освещённости и, как прави-

ло, находится в диапазоне 5-14 метров. Таким образом, основным параметром становится высота или этажность здания, с ростом которой заметно увеличивается составляющая потеря теплоты через стены (рис. 2). Естественно, что с увеличением этажности доля потерь теплоты через пол и потолок резко уменьшаются.

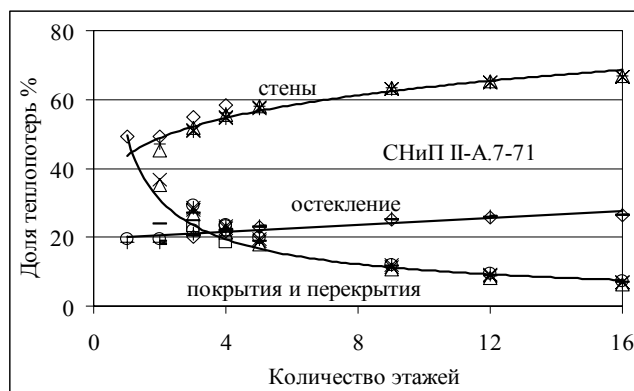


Рис. 2. Изменение доли потерь теплоты через различные ограждения с увеличением этажности здания ($b=5$ м для одноэтажных зданий, для остальных $b=12$ м)

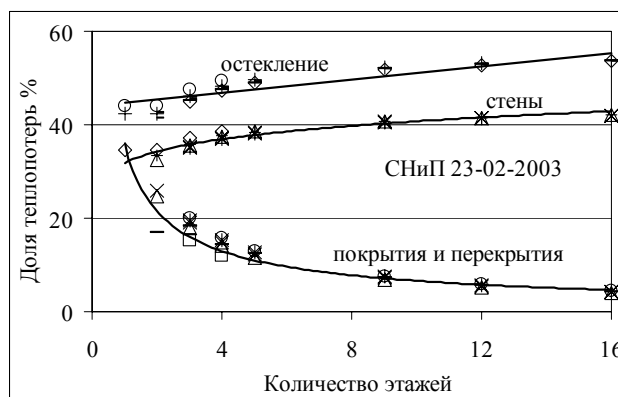


Рис. 3. Изменение доли потерь теплоты через различные ограждения с увеличением этажности здания ($b=5$ м для одноэтажных зданий, для остальных $b=12$ м) согласно СНиП 23-02-2003 [8]

Как следует из расчётов, влияние отношения длины к ширине незначительно; множество точек для каждого этажа на рис. 2 получены при различных значениях m .

Переход при строительстве зданий от СНиП II-A.7-71 [6] к СНиП 23-02-2003 [8] привел к существенному изменению соотношения тепловых потерь с ограждающих конструкций зданий. Рис. 3 иллюстрирует зависимость доли тепловых потерь от этажности здания для СНиП 23-02-2003 [8].

Рис. 2 и 3 свидетельствуют о том, что если для зданий, построенных во времена СССР, основным энергосберегающим мероприятием должно являться утепление стен, то для новых зданий ввиду того, что максимальные тепловые потери происходят через остекление, мероприятия по энергосбережению должны быть направлены на уменьшение тепловых потерь через окна.

Сравнительный анализ энергоэффективности жилых зданий, построенных в нашей стране в разные периоды, можно осуществить, используя широко применяемые на Западе удельные характеристики — тепловые потери в кВт·ч/(м²·год). Анализ трех документов, последовательно определявших нормы строительства жилых зданий, а именно: СНиП II-A.7-71 [6], СНиП II-3-79 [7] и СНиП 23-02-2003 [8], дает возможность отследить, как изменялись вышеупомянутые показатели при переходе к новым стандартам.

Рис. 4 иллюстрирует зависимость удельных тепловых потерь в кВт·ч/(м²·год) от этажности зданий, соответствующих данным СНиП. Показатели удельных тепловых потерь, рассчитанные по СНиП 23-02-2003 [8], находятся на достаточно высоком уровне энергоэффективности. Так, удельные тепловые потери «пассивных домов», экспериментальное строительство которых начато в Германии, по оценкам специалистов, составляют около 15 кВт·ч/(м²·год), данные взяты из работы Файста В. [9]. Учитывая, что расчетная

температура отопления в Германии существенно выше, чем принятая при данных расчетах $t_{p.o.} = -35^{\circ}\text{C}$, аналогичный показатель нового строительства в нашей стране приближается к мировому уровню.

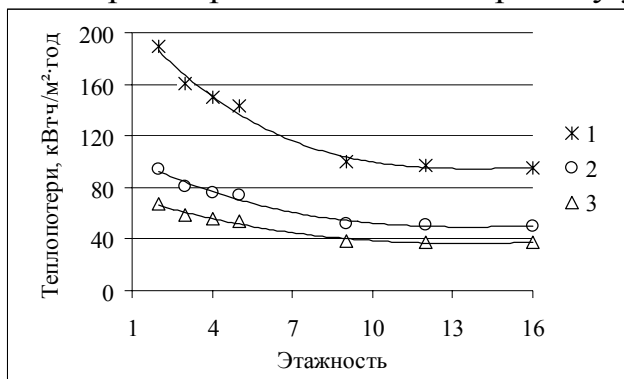


Рис. 4. Зависимость удельных тепловых потерь здания в кВт·ч/(м²·год) от этажности

- 1 – СНиП II-A.7-71 [6],
 2 – СНиП II-3-79b [7],
 3 – СНиП 23-02-2003 [8]

Вывод: Проведенный анализ потерь теплоты через различные типы ограждений и анализ удельных тепловых потерь зданий, построенных в разные годы, позволяет выявить наиболее эффективные мероприятия по энергосбережению при утеплении зданий для включения в программы энергосбережения муниципальных образований.

Библиографический список

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергия, 1975. 368 с.
2. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справ.-метод. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1983. 204 с.
3. МДМ 41-4.2000 Методика определения количеств тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах коммунального теплоснабжения. Утв. Приказом Госстроя России от 6 мая 2000 г. № 105.
4. Беляйкина И.В. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов, Л.П. Иголка, А.А. Лямин. Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4–е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.
6. СНиП II-A.7-71 Строительная теплотехника, нормы проектирования. Стройиздат. М., 1973.
7. СНиП II-3-79 Строительная теплотехника. Минстрой России. М., 1995.
8. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. ГК РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России). М., 2004.
9. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов / Пер. с нем. под ред. А.Е. Елохова. М.: АСВ, 2008. 144 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ДВС ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

Шестаков Д.С.

ООО «Уральский дизель-моторный завод», e-mail: dima-shestakov83@mail.ru,

Жилкин Б.П., Плотников Л.В.

УрФУ, e-mail: tot@ustu.ru, plotnikovlv@mail.ru

Для решения задачи повышения энергоэффективности в области двигателестроения просматриваются два направления:

- оптимизация конструкции (в единстве с технологией изготовления) двигателя, не затрагивая существа происходящих в нем процессов, и/или
- повышение эффективности (совершенствование) рабочих процессов [1], с последующим изменением конструктивного исполнения.

Из них наиболее значимым и эффективным направлением энергосбережения, безусловно, является совершенствование рабочего цикла двигателя. Однако для успешной реализации данного направления потребуются масштабные теоретические и экспериментальные исследования процессов в ДВС.

В двигателестроении повышение энергоэффективности осуществляется по следующим направлениям:

- совершенствование процессов во впускных и выпускных каналах,
- в системах охлаждения и подачи топлива и т.д.,
- а также меры, направленные на снижение затрат при производстве и при эксплуатации ДВС.

При этом, вследствие повышения технических характеристик двигателей, снижение затрат при производстве будет происходить за счет уменьшения количества необходимых ДВС для решения генерации определенной мощности. В эксплуатации же меньшее число двигателей с более совершенным рабочим процессом будут расходовать меньше топлива, смазочных материалов, потребуют меньше затрат на техническое обслуживание и ремонт, а также прослужат дольше.

Одним из процессов, во многом определяющим показатели поршневых ДВС, является процесс впуска, в котором основная цель усовершенствований состоит в повышении наполнения цилиндра свежим зарядом. При этом физическая сущность процессов, происходящих во впускной системе, существенно зависит от типа двигателя (атмосферный или с наддувом).

Экспериментальное исследование газодинамики во впускном тракте атмосферного двигателя показало, что наличие пульсационных явлений (возвратно-поступательных течений) в подающем канале после закрытия впускного клапана приводит к уменьшению количества воздуха, поступающего в цилиндр, из-за чего, в итоге, снижается мощность двигателя. Таким образом, совершенствование процесса наполнения цилиндра ДВС может заключаться в гашении пульсационных эффектов во впускной системе.

Для этого был использован эффект, заключающийся в том, что в каналах с формой поперечного сечения, лишенной полной симметрии, возникают сложные, стабильные вихревые течения. Экспериментально установлено, что выполнение части впускной системы ДВС в виде канала с поперечным сечением в форме треугольника позволяет погасить пульсации воздушного потока и стабилизировать течение за счет создания продольных вихрей, и тем самым получить увеличение объемного расхода воздуха через впускную систему в среднем на 24 % в сравнении со штатной впускной системой постоянного круглого сечения [2]. Поскольку мощность, развиваемая двигателем внутреннего сгорания, прямо пропорциональна расходу воздуха через него, то мощность двигателя при ис-

пользовании впускной трубы с профилированным участком с учетом потерь повысится не менее, чем на 20 %.

Таким образом, повышение эффективности только одного процесса – процесса впуска в атмосферном двигателе, приведшее к созданию модернизированной впускной системы (с профилированным участком), даст улучшение важнейшего конструктивного показателя двигателя – удельной массы, приблизительно на 20 %. Это позволит снизить общие затраты топливно-энергетических ресурсов при изготовлении дизель-генераторов для объектов малой энергетики применительно к Свердловской области на 6,2 %, и уменьшит капитальные затраты на 15 % [1].

Процесс впуска в поршневых ДВС с наддувом имеет существенные отличия в аэродинамических и теплообменных характеристиках потока по сравнению с процессами в атмосферных двигателях. Соответственно, будут отличаться способы совершенствования процессов во впускной системе таких двигателей.

Экспериментальные исследования аэродинамики течения во впускной системе поршневого ДВС с наддувом показали, что с появлением в тракте мощного активного элемента турбокомпрессора, возникают интенсивные колебания скорости и давления потока воздуха в канале в течение всего рабочего цикла двигателя, значительно превышающие (на 25-35 %) таковые для атмосферного ДВС.

Оказалось, что при этом уровне пульсаций поперечное профилирование не приводит к желаемому результату. Вероятно, что в результате сильных возвратных течений в канале с наддувом накапливается «избыточный» воздух. В связи с этим, была разработана автоматизированная система с электромагнитным клапаном, которая позволяет производить регулируемый сброс определенного (избыточного) количества воздуха из канала на участке между компрессором и впускным коллектором. При этом в системе объем сбрасываемого воздуха зависит от режима работы двигателя и управляется контроллером.

Было установлено, что наличие во впускном канале вышеописанной регулирующей системы приводит к стабилизации течения в процессе впуска при сохранении расходных характеристик двигателя. Известно [3], что пульсационные явления (неустойчивость) значительно меняют характеристики компрессоров, увеличивается их гидравлическое сопротивление. Оценки показывают, что снижение затрат на сжатие в компрессоре приблизительно на 10 % в двигателях с наддувом приведет к лучшей очистке цилиндра от отработавших газов, и соответственно, уменьшит коэффициент остаточных газов на 5-7 %, что позволит в итоге снизить удельный расход топлива двигателя на 3-5 %.

Таким образом, проведенные исследования показали, что стабилизация течения во впускной системе поршневых ДВС (атмосферных и с наддувом) должна производиться разными методами, что, в конечном итоге, даст повышение энергоэффективности как при производстве двигателей, так и при их эксплуатации.

Библиографический список

1. Плотников Л.В. Факторы энергосбережения в двигателестроении / Л.В. Плотников, Б.П. Жилкин // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 246-248.
2. Жилкин Б.П. Влияние формы поперечного сечения впускного канала на газодинамику и расходные характеристики процесса впуска в ДВС / Б.П. Жилкин, Л.В. Плотников // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2009. № 7-8. С. 94-98.
3. Bailey N.P. Flow and Combustion Stability // ASME Paper. November 1951. № 51-A-83.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗМЫКАНИЯ ЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Ширяев А.С., Плетнёва Л.В., Бартоломей П.И.
УрФУ, admin@daes.ustu.ru

Современные проблемы энергетики по праву можно считать глобальными и всеобъемлющими. Они везде и повсюду: начиная от производства электроэнергии и заканчивая ее потреблением. Одной из таких немаловажных проблем является энергоэффективная эксплуатация распределительных сетей. В частности, рассматривается проблема параллельной эксплуатации электрических сетей различных уровней напряжения, при этом возникает необходимость решения двух задач: минимизации потерь и уменьшения токов короткого замыкания в сетях низшего напряжения.

Рассмотрим задачу минимизации потерь на примере параллельно работающих сетей 220 и 35 кВ, показанных на рис. 1.

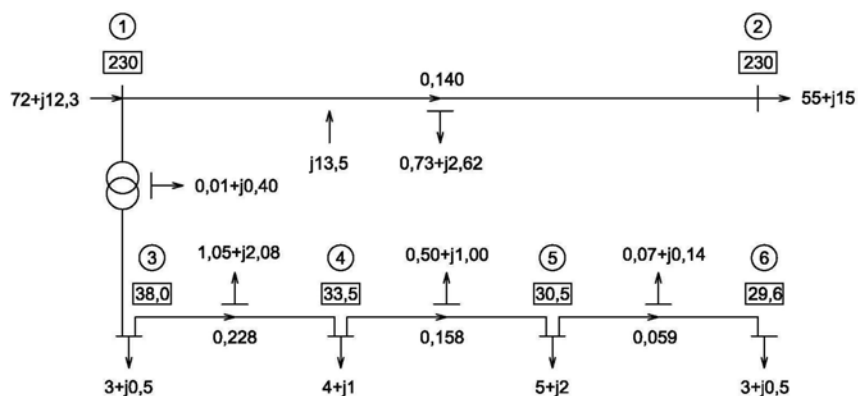


Рис. 1.

В рассматриваемой конфигурации сети узлы 1 и 2 связаны ЛЭП 220 кВ, по которой протекает мощность в соседние энергорайоны. Подсоединение распределительной сети 35 кВ к сети 220 кВ осуществляется через трансформатор, который имеет коэффициент трансформации 230/38,5. В узлах 3, 4, 5 и 6 находятся небольшие предприятия.

Оценка расчёта нормального режима позволяет сделать вывод о том, что такая конфигурация не является оптимальной. И вот почему: напряжения в уз-

лах 3, 4, 5 и 6 значительно отклоняются от нормальных, линии загружены не адекватно, чем объясняются большие потери в сети 35 кВ. Теперь, в целях повышения эффективности эксплуатации, поставим второй трансформатор и создадим кольцевую сеть с двусторонним питанием, что отражено на рис. 2:

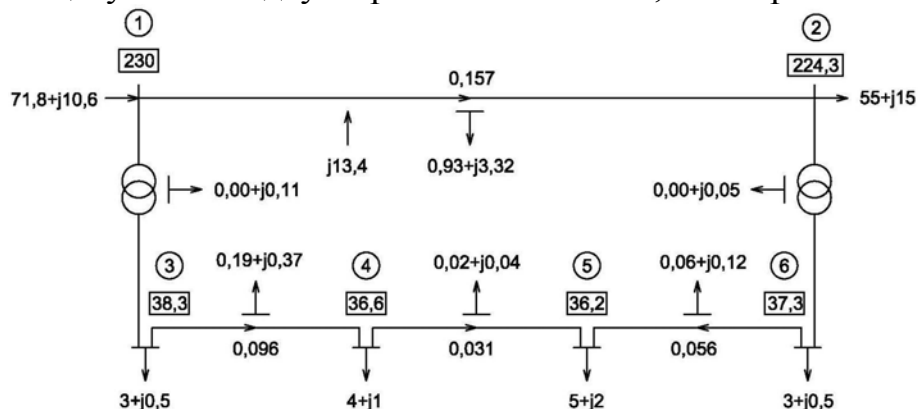


Рис. 2.

Анализируя полученный режим, можно сказать, что такая схема работы более предпочтительна по сравнению с предыдущей. Напряжения в узлах, отдалённых от трансформаторных, выравниваются и попадают в допустимые пределы. «Закольцовывание» сети позволило перераспределить потоки мощности и сильнее загрузить сеть 220 кВ, где удельные потери гораздо ниже, чем в сети 35 кВ. Таким образом, суммарные потери по сети 35 кВ снижаются на 87 %, в то время как в сети 220 кВ увеличиваются всего на 21 %.

Использование кольцевых сетей является преимущественным по отношению к другим конфигурациям, но часто возникают ситуации, когда есть необходимость размыкания сетей с целью уменьшения токов короткого замыкания. Такие случаи являются вынужденными и не должны использоваться в нормальных режимах. Рассмотрим пример, в котором размыкание производится в узле, имеющем максимальную нагрузку, но относительно небольшие потоки. Разрыв осуществляется в узле потокораздела 5, как показано на рис. 3.

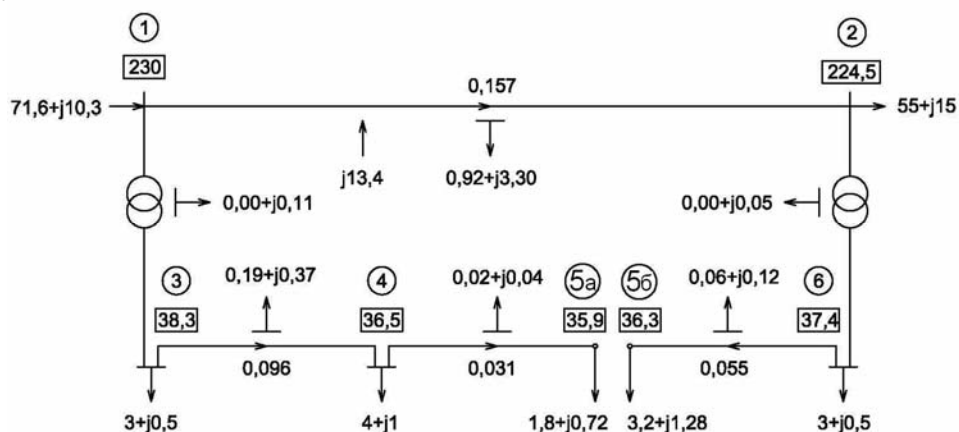


Рис. 3.

На данном примере хорошо видно, что использование размыкания с распределением нагрузки по узлам соответственно токам, подходящих к ним ЛЭП, создаёт режим, схожий с «кольцевым режимом», но имеет ряд недостатков.

Разность напряжений в узлах 5_a и 5_b создаёт сложность в эксплуатации. Данное размыкание может рассматриваться как размыкание секционного выключателя на ПС и раздельная эксплуатация секций шин 35 кВ. Возникшая разность напряжений равноценна различным уровням напряжений на секциях шин, которые необходимо будет устранять регулированием трансформаторов 1 и 2. Необходимо также добавить, что нагрузка в узле по секциям не одинакова, что, в свою очередь, накладывает дополнительные проблемы при определении оптимального разнесения нагрузки по узлам. Также возникает дополнительная необходимость в расчётах режимов для работы РЗА. Основным же недостатком данного метода является низкая надёжность электроснабжения, связанная с односторонним питанием. Потребители, находящиеся в конце питающей цепи (узлы 5_a и 5_b), не имеют резервных питающих линий и, как следствие, не могут быть потребителями 1-й категории.

Принимая во внимание тот факт, что разнесение нагрузки по двум узлам не может быть произведено пропорционально, целесообразно рассмотреть случай, когда нагрузка равномерно распределяется между узлами 5_a и 5_b (рис. 4):

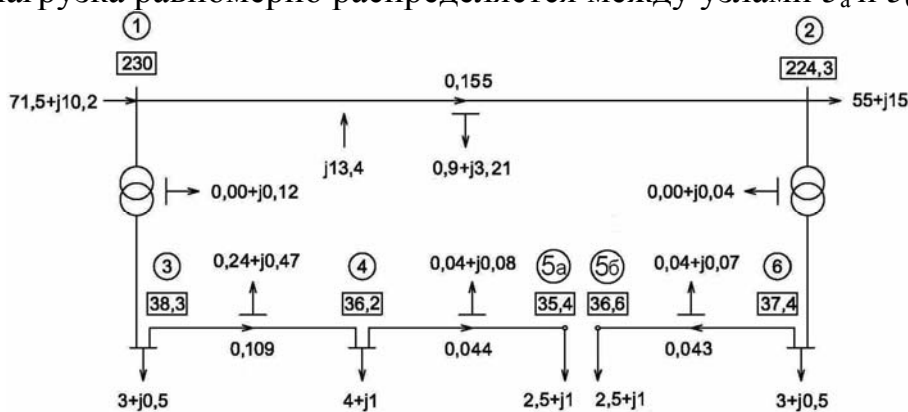


Рис. 4.

Расчёт режима даёт явное представление о том, что равномерное распределение нагрузки также не самым благоприятным образом сказывается на режиме работы сети.

Таким образом, решив задачу минимизации потерь, необходимо приступить к проверке уровней токов короткого замыкания. В случаях, когда токи превышают допустимые для коммутационных аппаратов, может возникнуть необходимость поиска другой точки размыкания сети. В свою очередь, это неизбежно приведет к ухудшению режима, увеличению потерь и, соответственно, затрат на них. Единственным решением данной проблемы является замена оборудования в точке размыкания.

Подводя итоги, можно сделать следующий вывод: размыкание сетей 35 кВ для большей загрузки сетей более высокого напряжения возможно, но лишь в каких-то вынужденных режимах. Разделение нагрузки в узле разрыва сети приводит к проблемам как перенастройки оборудования, так и его эксплуатации. В случаях, когда всё же возникает необходимость размыкания сети, то наилучшим вариантом является точка потокораздела. Таким образом, обеспечивается минимум потерь мощности.

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ В ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Шумилова А.А., Михайлишин Е.В., Ширяева Н.П.

УрФУ, e-mail: kafedratgiv@yandex.ru

Существующие системы теплоснабжения в основной своей массе проектировались и создавались без учёта возможностей появившихся на теплоэнергетическом рынке приборов, оборудования и технологий в течение последних лет, позволяющих коренным образом изменить ситуацию в энергосбережении.

Наиболее существенными составляющими потерь тепловой энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве являются потери на объектах-потребителях, которые могут составлять до 35 % от тепловой нагрузки.

Одним из основных мероприятий по сокращению потребления тепловой энергии в существующем фонде зданий является реконструкция тепловых пунктов с установкой приборов учёта тепловой энергии и применением автоматического регулирования тепловой нагрузки.

Центральное регулирование тепловой нагрузки, осуществляемое на источнике теплоты, является качественным и заключается в изменении температуры теплоносителя на входе в регулируемую теплопотребляющую установку, например, в систему отопления. Температура сетевой воды при этом для закрытых систем теплоснабжения в подающем трубопроводе не должна быть ниже 70 °С.

При таком графике регулирования тепловой нагрузки центральное регулирование обязательно должно быть дополнено местным, которое осуществляется в тепловом пункте здания и учитывает его особенности (планировку, назначение, режим работы).

Диапазон регулирования нагрузки можно разбить на два по температуре наружного воздуха: первый – от начала (окончания) отопительного периода (для Екатеринбурга +10 °С) до температуры наружного воздуха в точке излома температурного графика, второй – от точки излома до расчётной температуры наружного воздуха для проектирования систем отопления.

С понижением температуры наружного воздуха увеличивается тепловая нагрузка, соответственно ей растёт и температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети. График регулирования тепловой нагрузки на отопление совпадает с графиком центрального регулирования, который построен по отопительной нагрузке. В этом диапазоне, в основном, может осуществляться центральное регулирование. Расход сетевой воды здесь постоянен.

В первом диапазоне (осенне-весенний период) с повышением температуры наружного воздуха тепловая нагрузка падает, соответственно ей должна уменьшаться и температура теплоносителя в подающем трубопроводе на входе в систему отопления (ниже 70 °С). Центральное регулирование должно быть дополнено местным регулированием, которое осуществляется изменением расхода сетевой воды. В случае отсутствия местного регулирования в систему отопления будет поступать теплоноситель с повышенной температурой по сравне-

нию с отопительным графиком, что приведет к росту температуры воздуха в помещениях.

Для регулирования тепловой нагрузки в соответствии с расчетным графиком в диапазоне, в котором режим теплопотребления не обеспечивается центральным качественным регулированием, в тепловом пункте предусматривается присоединение системы отопления со смесительным насосом на вводе. В этом случае с изменением расхода сетевой воды с помощью регулирующего клапана уменьшается или увеличивается подача смесительного насоса, поддерживая количество теплоносителя после узла смешения постоянным и равным расходу воды в системе отопления.

При реконструкции системы отопления десятого студенческого корпуса УрФУ была произведена полная замена оборудования теплового пункта с установкой смесительного насоса и системой автоматического регулирования тепловой нагрузки вместо нерегулируемого элеваторного узла.

Была произведена оценка экономии тепловой энергии в осенне-весенний период при комбинированном регулировании тепловой нагрузки на отопление здания.

Расчет проводился при следующих исходных данных:

- расчётная тепловая нагрузка на отопление здания – 381,1 кВт;
- расчётная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления – минус 35°C ;
- средняя температура воздуха в помещениях здания – +20 °C ;
- расчётная температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети – 115 °C, в обратном – 70 °C;
- температура наружного воздуха в точке излома температурного графика – 6 ° C;
- стоимость тепловой энергии – 880,19 руб./Гкал.

Расчётное количество тепловой энергии, сэкономленное в осенне-весенний период при установке узла регулирования, составляет 15,1 %, в денежном выражении – 124 тыс. руб./год.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ДЫМОВЫХ ТРУБ

*Шутов В. С., Хворенков Д. А., Варфоломеева О. И.
Ижевский государственный технический университет
tguug@istu.ru*

Коррозионные процессы в дымовых трубах теплоисточников в значительной степени определяются наличием в потоке или на внутренней стенке конденсированных паров воды и серной кислоты. Наличие жидкой фазы этих веществ может быть определено по полям температуры и парциального давления соответствующего компонента.

Целью работы является сопоставление результатов расчета температурного поля внутри дымовой трубы с помощью численного моделирования и с применением стационарных интегральных уравнений теплового баланса.

Исследование проводилось для цилиндрической стальной нетеплоизолированной дымовой трубы высотой 31,815 м и диаметром 400 мм. Исследование проводилось для климатических параметров наружного воздуха г. Ижевска при двух режимах работы дымовой трубы:

- при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления (температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92), равной минус 34 °С, скорость дымовых газов на входе в трубу 15 м/с, температура дымовых газов на входе в трубу 120 °С;

- при температуре наружного воздуха 10 °С, скорость дымовых газов на входе в трубу 6 м/с, температура дымовых газов на входе в трубу 100 °С.

Поступающие в газоотводящую трубу продукты горения, имеющие температуру выше температуры окружающей среды, вступают в теплообмен со стенками газоотводящего ствола. В непосредственной близости к поверхности теплообмена существует неподвижный слой газа, через который теплота передается только путем теплопроводности.

Численное исследование проводилось в программном комплексе FlowVision с решением системы нестационарных уравнений Навье-Стокса, уравнения энергии и уравнений турбулентного переноса в трехмерной постановке, записанных для слабосжимаемой среды. Результаты численного исследования температурного поля приведены в виде графика средней в сечениях температуры продуктов сгорания по всей высоте дымовой трубы (кривые 4 на рис. 1 и 2).

Расчетные формулы инженерной методики

№	Наименование	Формула или обозначение	Ед. изм.
1.	Коэффициент теплоотдачи от трубы наружному воздуху	$\alpha_n = -0,0007h^2 + 0,3327h = 20,02$	$\frac{Вт}{м^2К}$
2.	Средняя температура расчетной зоны	$T_{ср} = (T_{рас} + T_1)/2$	°С
3.	Коэффициент кинематической вязкости	$\nu = (0,000000036866T_{ср} + 0,0000127927)/\rho$	$\frac{м^2}{с}$
4.	Плотность дымовых газов	$\rho = -0,00279T_{ср} + 1,17979$	$\frac{кг}{м^3}$
5.	Средняя удельная теплоемкость дымовых газов	$c = 1108,48 + 0,21T_{ср}$	$\frac{Дж}{кгК}$
6.	Удельная теплоемкость дымовых газов в начале расчетной зоны	$c_1 = 1108,48 + 0,21T_1$	$\frac{Дж}{кгК}$
7.	Удельная теплоемкость дымовых газов в конце расчетной зоны	$c_2 = 1108,48 + 0,21T_{рас}$	$\frac{Дж}{кгК}$

№	Наименование	Формула или обозначение	Ед. изм.
8.	Теплопроводность дымовых газов	$\lambda_{дг} = 0.00007565T_{ср} + 0.028851$	$\frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$
9.	Средняя в сечении скорость дымовых газов	$v = \frac{4G}{\pi d^2 \rho}$	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
10.	Число Нуссельта [3]	$Nu = \frac{\xi Re Pr}{1 + \frac{900}{Re} + 1,27 \sqrt{\frac{\xi}{8}} (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)}$	
11.	Число Нуссельта [2]	$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,4}$	
12.	Число Нуссельта [1]	$Nu = 0,032 Re^{0,8} Pr^{0,3}$	
13.	Коэффициент теплоотдачи от дымовых газов трубе	$\alpha = \lambda Nu / d$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$
14.	Тепловой поток	$Q = \frac{\pi h_{пз} (T_{ср} - T_{к})}{\frac{1}{\alpha d} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$	
15.	Температура стенки	$T_{ст} = T_{ср} - \frac{Q}{\alpha \pi h_{пз} R_1}$	$^{\circ}\text{C}$
16.	Температура в конце расчетной зоны	$T = \frac{c_1 T_1}{c_2} + \frac{Q}{G c_2}$	$^{\circ}\text{C}$

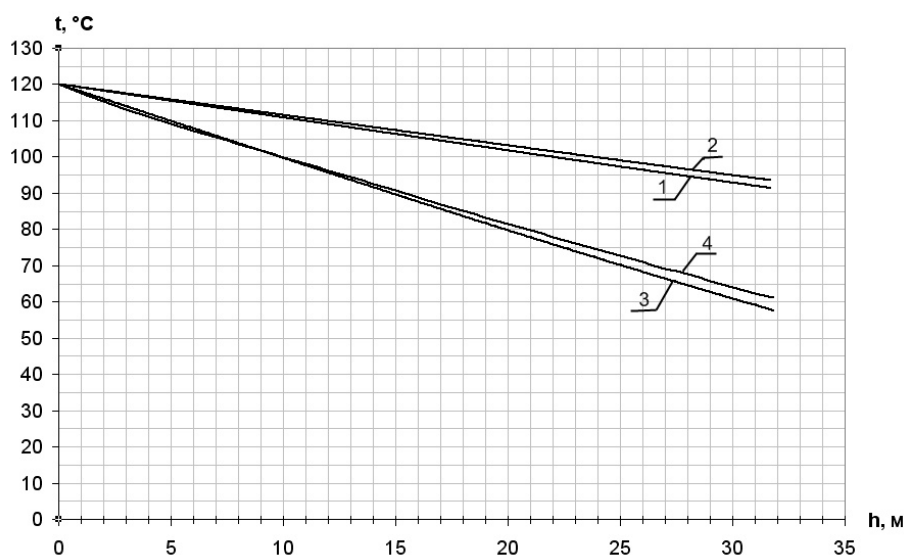


Рис. 1. График средних в сечении температур по высоте дымовой трубы при температуре наружного воздуха $t = -34^{\circ}\text{C}$ и использованных критериальных уравнениях теплообмена, принятых:
1 – по [1]; 2 – по [2]; 3 – по [3]; 4 – численный расчет

Инженерный расчет проводился с помощью формул, приведенных в таблице. Из-за существенного изменения теплофизических параметров дымовых газов по высоте трубы необходимо осуществлять зонный принцип расчета, который предполагает усреднение параметров по высоте дымовой трубы в пределах каждой зоны.

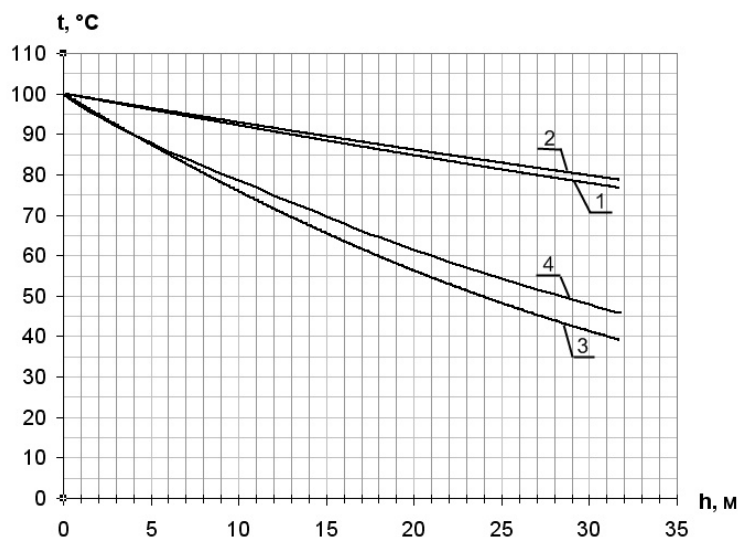


Рис. 2. График средних в сечении температур по высоте дымовой трубы при температуре наружного воздуха $t=+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и использованных критериальных уравнениях теплообмена, принятых: 1 – по [1]; 2 – по [2]; 3 – по [3]; 4 – численный расчет

Результаты численного моделирования имеют хорошую сходимость с результатами расчета с помощью инженерной методики при использовании критериального уравнения теплообмена по [3]. Результаты показывают, при использовании инженерных методик выбор вида критериального уравнения может существенно повлиять на результаты расчета, численный метод лишен этого недостатка.

Библиографический список

1. Дужих Ф.П., Ословский В.П., Ладыгичев М.Г. Промышленные и вентиляционные трубы: Справочное издание / Под редакцией Ф.П. Дужих. М.: Теплотехник, 2004. 464 с.
2. Теплотехника: учеб. для вузов/ В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др. Под ред. В. Н. Луканина. М.: Высш. шк., 1999. 671 с.
3. Теплоэнергетика и теплотехника: справочная серия: В 4 кн. / под общ. ред. чл.-кор. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. 4-е изд., стереотип. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. Кн. 2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник. 564 с.

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАРНАЛЛИТА ИЗ ХЛОРМАГНИЕВОГО ЩЕЛОКА И ОТРАБОТАННОГО МАГНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Абзалов Р.Х.

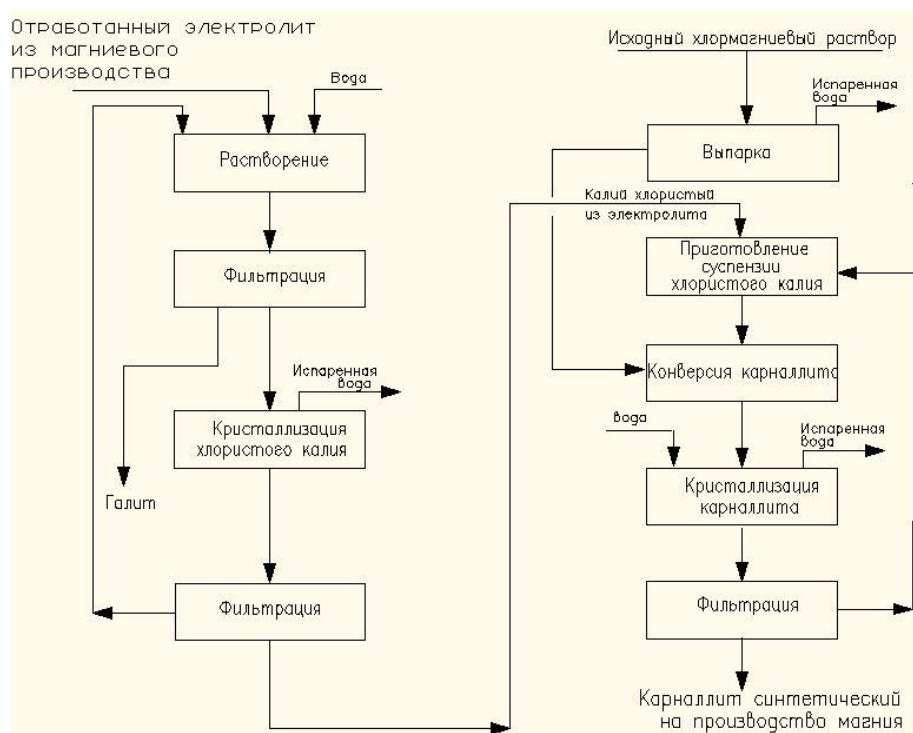
УрФУ, rusy66@mail.ru

Получение металлического магния методом электролиза связано с образованием большого количества отходов, в основном состоящих из отработанного магниевого электролита и шламо-электролитной смеси. Складирование отходов магниевого производства требует специально оборудованных полигонов, способствует увеличению нагрузки на окружающую среду и приводит к потере ценных минеральных компонентов, таких, как хлористый калий и хлористый магний.

В настоящее время в г. Асбест Свердловской области строится завод ОАО «Русский магний» по получению металлического магния из серпентинита, отхода обогатительной фабрики ОАО «Ураласбест». На первой очереди завода планируется производить 22700 тонн в год металлического магния методом электролиза расплава карналлита. Карналлит для электролиза будет синтезироваться из хлормagneвoгo щелока и хлористого калия.

В экспериментально-исследовательском центре (ЭИЦ) ОАО «Русский магний» проведены исследования по получению синтетического карналлита из хлормagneвoгo щелока и отработанного магниевого электролита.

Отработанный магневый электролит содержит до 70 % хлористого калия. Методом полного растворения отработанного электролита и последующей кристаллизацией из насыщенного щелока получен кристаллический хлористый калий. Далее из хлористого калия и магниевого щелока синтезирован синтетический карналлит с заданными свойствами. Блок-схема процесса представлена на рисунке.



Принципиальная схема
процесса получения
синтетического
карналлита
из отработанного
магниевого электролита
и хлормagneвoгo
раствора

Синтетический
карналлит обезвожен
на крупно-лаборатор-
ной печи кипящего
слоя в ЭИЦ.

Проведенный кристаллооптический и рентгенофазовый анализ показал высокое качество карналлита, полученного на основе хлормagneйного щелока и отработанного магневого электролита.

Кроме того, обезвоженный синтетический карналлит был опробован в качестве флюса в литейном цехе производства магния ОАО «Соликамского опытного магневого завода». По результатам испытаний опытно-промышленной партии обезвоженного синтетического карналлита получено положительное заключение от ОАО «Соликамского опытного магневого завода» о применении обезвоженного карналлита в качестве флюса в литейном производстве.

На основании выполненных исследований предложена безотходная технология получения металлического магния, связанная с возвратом отработанного магневого электролита и шламо-электролитной смеси в производство. Кроме того, описанная технология позволяет перерабатывать отходы других магневых заводов с получением синтетического карналлита как для производства металлического магния, так и для использования его в качестве флюса в литейном производстве.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОФАОЛИТА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

*Андронникова М.С., Султанова А.И., Вахитова Р.И.,
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

В настоящее время внедрение ресурсосберегающих технологий и систем мокрой газоочистки, а также возросшая доля серосодержащих топлив в топливно-энергетическом балансе предприятий, привели к снижению температуры отводимых газов, увеличению влажности и степени их агрессивного воздействия на конструкции газоотводящего тракта теплоэлектростанций и котельных.

Известно, что для длительной и надежной работы дымовой трубы ее конструкция должна соответствовать условиям эксплуатации. Традиционные конструкции дымовых труб малых котельных из малоуглеродистой стали (свободно стоящие или на оттяжках) и кирпичные с футеровкой имеют узкий диапазон параметров нормальной эксплуатации и однозначно не удовлетворяют современным параметрам технологических процессов. Возможны случаи, когда дымовая труба эксплуатируется одновременно и при избыточном давлении коррозионно активных дымовых газов, и в условиях самоокутывания верхней части.

В результате темпы коррозионного износа традиционных конструкций увеличиваются в 3-7 раз. Согласно обследованиям до 70-80 % труб, построенных в 1960-70 гг., нуждаются в плановой замене или капитальном ремонте.

Для предотвращения коррозии современные малые котельные зарубежного производства комплектуются дымовыми трубами из легированных сталей и сплавов. Однако в некоторых ситуациях коррозии подвержены и нержавею-

щие стали. Её вызывает кислый конденсат соединений галогенов. При этом кислота является катализатором, не расходуется в процессе коррозии, поэтому даже однократное попадание соединений галогенов в воздух для горения со временем неминуемо приводит к коррозионным повреждениям.

В этих условиях происходит интенсивная коррозия и разрушение дымовых труб традиционных конструкций. Срок их службы сокращается, а затраты на каждый капремонт, проводимый с периодичностью в 5-10 лет, достигают 30 % от их стоимости. Традиционные методы ремонта, в лучшем случае, позволяют незначительно продлить срок службы ствола, не устраняя основных причин износа. Это касается как дымовых стволов из коррозионно-стойких металлических сплавов, так и железобетонных труб, футерованных кислотостойкими материалами. Поэтому сегодня для реконструкции на ТЭС целесообразнее всего использовать материалы, обладающие максимально высокой стойкостью к конденсату веществ, содержащихся в отходящих газах.

Одним из признанных способов продления ресурса дымовых труб является устройство внутреннего газоотводящего ствола из газоплотных материалов, исключающего воздействие агрессивной среды на железобетонную конструкцию дымовой трубы. В качестве материала для изготовления газоотводящего ствола весьма эффективно может использоваться кислотостойкий материал стеклофаолит, представляющий собой термореактивную пластическую массу на основе фенолформальдегидной смолы и кислотостойких наполнителей (антофиллитовый асбест, тальк, графит), армированную стеклотканью. Особый интерес представляет стойкость фаолита к серной кислоте низких и средних концентраций, возникающих в газоотводящих трактах при использовании серосодержащего топлива.

Основными недостатками выпускаемых в настоящее время изделий из фаолита являются: невысокая теплостойкость (до 140 °С), низкая ударная вязкость и высокая энергоемкость изготовления. Немаловажным является стойкость стеклофаолита к серной кислоте низких и средних концентраций, кремнефтористоводородной, фосфорной, бензойной, сернистой кислотам, влажному хлору, жирным кислотам при относительно высоких температурах, а также способность обеспечивать эффективную эксплуатацию газоотводящих трактов и дымовых труб при температуре ниже точки росы для всех видов топлива, не опасаясь коррозии.

Компоненты стеклофаолита несгораемые, в отличие от стеклопластиков на основе эпоксидных и полиэфирных смол. Благодаря огнестойкости материала изделия из него успешно используются на предприятиях химических и металлургических отраслей, теплоэнергетики, позволяя исключить затраты на подогрев дымовых газов и максимально утилизировать тепло отводящих газов.

На котельной комплекса теплоснабжения IV энергоблока Белоярской АЭС с 2004 г. эксплуатируется газоотводящий ствол, диаметром 2,3 м и высотой 90 м, из стеклофаолита внутри железобетонной трубы при максимальной температуре отводимых газов на входе до 184 °С. Вариант «труба в трубе» – ствол из стеклофаолита в существующей железобетонной трубе – может быть

весьма перспективным при реконструкции существующих дымовых труб, без значительных затрат на демонтаж и восстановление кислотостойкой футеровки.

Высотные трубы из фаолита успешно эксплуатируются в разных климатических районах, от Крайнего Севера (шахта «Заполярная», г. Воркута), до Южных районов («Самаркандский химзавод», г. Самарканд). В период с 1957 года по настоящее время на объектах России и СНГ смонтировано и успешно эксплуатируется более 150 высотных труб с газоотводящим стволом из стеклофаолита, диаметром от 1,2 до 7 метров и высотой 200 метров.

Проблема реконструкции дымовых труб является актуальной для города Альметьевска. Авторами статьи рассматривается возможность использования стеклофаолита при реконструкции котельных ОАО «АПТС».

ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ. ОПЫТ РЕГИОНА ПИКАРДИЯ

Аникин А.К.

УрФУ, rsbf@mail.ru

Remy Gard

Université de Rennes I, Rennes, France

ООН объявила 2011 год – международным годом химии. Это событие повысило интерес к различным аспектам этой науки.

В 90-е гг. XX века возникло новое научное направление в химии – Зеленая химия. Суть этого направления заключается в том, что оно позволяет получать нужное вещество, причем получать его таким путем, который, в идеале, не вредит окружающей среде на всех стадиях своего получения. Применение принципов Зеленой химии приводит к сокращению затрат на производство, потому, что не требуется вводить стадии уничтожения и переработки вредных побочных продуктов, использованных растворителей и других отходов, – поскольку их просто не образуется. Это ведет к сокращению числа стадий, что, в свою очередь, ведет к экономии энергии и ресурсов и, в конечном итоге, положительно сказывается на экологической и экономической оценке производства.

Выделяют 3 направления, по которым развивается Зеленая химия:

- 1) новые пути синтеза (реакции с применением катализатора);
- 2) возобновляемые исходные реагенты (полученные не из нефти);
- 3) замена традиционных органических растворителей.

В настоящее время в нашей стране активно ведутся различные работы в области Зеленой химии. МГУ им. М.В. Ломоносова, Институте элементоорганических соединений РАН – занимаются изучением использования сверхкритического CO₂, H₂O. Диоксид углерода и вода – дружественные природе и недорогие реагенты, И главное достоинство сверхкритических жидкостей: после использования давление в реакторе сбрасывается, и они возвращаются в атмосферу Земли. При этом отпадает необходимость в использовании вредных органических растворителей в больших количествах, ведь после реакции требуется обычно тщательная отмывка готового продукта. В Институте органической химии им. Д.Н. Зелинского РАН вместо растворителей рассматривают ионные

жидкости. И число работ в нашей стране, в области Зеленой химии, с каждым годом увеличивается. Особое развитие направление Зеленой химии получило во Франции в регионе Пикардия.

Химическая промышленность Франции – главная экспортная отрасль (62 % от товарооборота идет на экспорт). Химическая промышленность Франции занимает 5-е место в мире после США, Японии, Китая и Германии. Регион Пикардия является одним из лидеров химической отрасли Франции, на начало 2010 года в нем располагалось 392 отраслевых предприятия. При этом основными направлениями химической промышленности региона являются конечные продукты (резина, лаки, краски, удобрения), а не сырьевые товары (нефтехимические продукты).

Для Пикардии характерна разработка инновационных решений в области Зеленой химии. Это позволяет снижать недостатки традиционной химии. В 2010 году на разработки и исследования в области фармацевтики и химии было выделено 132 млн евро.

Между предприятиями отрасли было достигнуто соглашение (Grenelle de l'Environnement), согласно которому они должны:

- увеличить число используемых полностью возобновляемых источников с 7 % до 15 % к 2015 году;
- все предприятия должны пройти экологическую сертификацию, и для каждого предприятия должны быть разработаны дальнейшие наработки экологического развития.
- существенно сократить потребление топливных и энергетических ресурсов.

Важно отметить, что химическая промышленность требует больших расходов топливных ресурсов. Расход топлива в химической промышленности Франции уменьшился с 7,6 тонн нефтяного эквивалента (т.н.э.) в 1997 г. до 6,5 т.н.э. в 2007 г. Но расходы на топливо выросли на 2 млн евро за эти же десять лет. Это объясняется увеличением цен на энергоносители (таблица).

Изменение цены на топливо и энергию в химической промышленности Франции в период с 1997 по 2007 гг.

Источник энергии	1997	2007	Динамика изменения цены за 10 лет, %
Уголь (евро/тонна)	142	184,6	30,0
Природный газ (евро/МВт)	10,6	33,1	271,9
Нефтепродукты (евро/тонна)	138,7	283,1	104,1
Пар (евро/тонна)	15,9	22,4	40,0
Электричество (евро/МВт)	50,2	51,5	2,6

Зеленая химия позволяет сократить потребление энергетических и топливных ресурсов за счет изменения самой технологии процесса. Это приведет к сбережению энергетических ресурсов и экономичности производства.

На предприятиях Пикардии уже идет перевод ряда процессов на «рельсы Зеленой химии». И учитывая активную политику властей региона, развитие Зеленой химии в Пикардии будет активно продолжаться.

ВАРИАНТ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СТОКОВ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

Афанасьев К.Ю., Молодежникова Л.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: afa1ina1@sibmail.com

Разработка мер по энерго- и ресурсосбережению во всех отраслях промышленности в последнее время приобретает все большее значение для развития реального сектора экономики.

Для создания эффективного производства, которое соответствовало бы требованиям энерго- и ресурсосбережения должны ставиться такие цели как:

- эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов;
- максимальное использование вторичных энергоресурсов (ВЭР), которые в дальнейшем могут быть использованы для получения энергии или другой экономической выгоды;
- эффективное использование территории промышленных объектов без неконтролируемого разрастания полигонов для отходов производства;
- рациональное использование водных ресурсов.

Учитывая, что нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) являются крупными объектами водопотребления и одновременно сбрасывают большой объем сточных вод в городские или районные системы канализации, можно сказать, что перспективным направлением совершенствования систем очистки сточных вод является разработка так называемых бессточных систем водоснабжения и канализации.

Сточные воды, содержащие эмульгированную нефть и большое количество растворенных солей (по преимуществу хлористый натрий), поступают от электрообессоливающих установок (ЭЛОУ) и сырьевых парков. Содержание нефти в этих стоках сильно колеблется и достигает до 30–40 г/л, что связано с негерметичностью технологического оборудования и недостаточно квалифицированной эксплуатацией технологических установок. Содержание хлоридов составляет 10–15 г/л. Высокий солевой состав этих вод не позволяет использовать их в оборотном водоснабжении [1].

Если избавление от эмульгированной нефти путем механического и физико-химического методов не представляет труда, то снижение концентрации истинно-растворенных примесей должно сводиться к биолого-химическим методам с последующей доочисткой, что приводит к резкому увеличению затрат и времени на очистку, а также площади очистных сооружений.

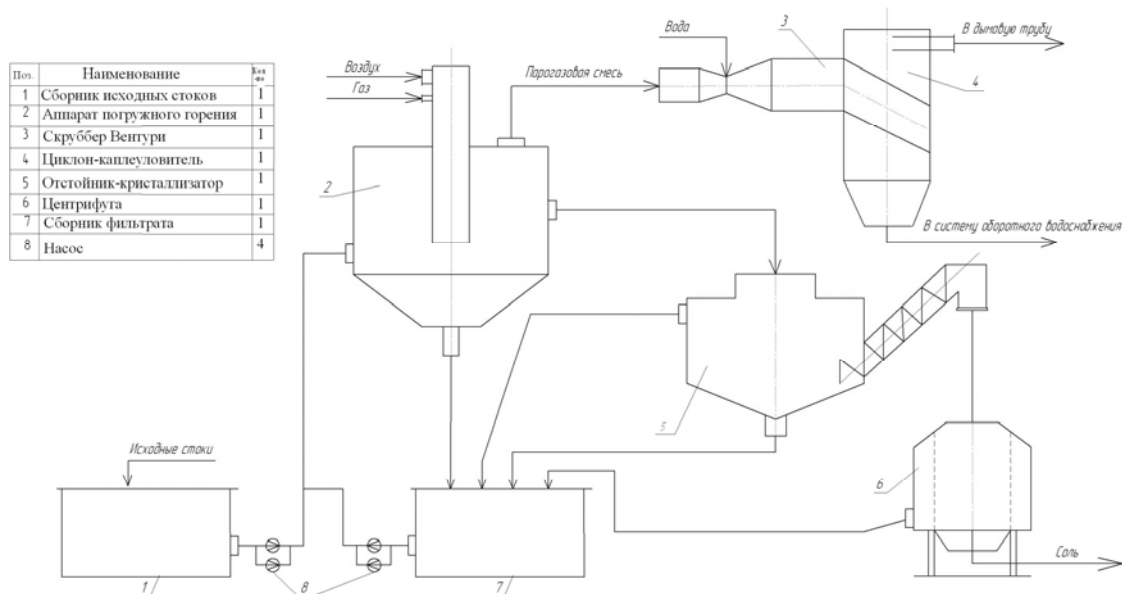
Из анализа стало ясно, что при обессоливании сточных вод, в которых содержание анионов сильных кислот превышает 5 мг экв/кг, термическое обессоливание экономически выгоднее химического обессоливания.

Рассматривая проблемы экологии и энерго-ресурсосбережения в едином ракурсе, возникает вопрос о выборе наиболее эффективной схемы упаривания сточных вод ЭЛОУ нефтеперерабатывающего завода.

Наиболее подходящие для выпаривания сточных вод испарительные установки условно можно разделить на те, в которых раствор контактирует и не контактирует с поверхностью нагрева. В установках первого типа образуются отложения солей с соответствующим снижением плотности теплового потока и производительности установок. При этом неизбежны периодические остановки на чистку поверхности нагрева, снижающие технико-экономические показатели и усложняющие эксплуатацию установок. Степень концентрирования в них существенно ограничена из-за резкого увеличения отложений с ростом концентрации раствора.

В аппаратах погружного горения (АПГ) создаются хорошие условия теплообмена между нагретыми газами и жидкостью, так как при барботаже нагретые газы распыляются в виде пузырьков и образуют большую межфазную поверхность. Интенсивное перемешивание раствора ускоряет процесс нагрева.

Для упаривания хлорида натрия из сточных вод ЭЛОУ была предложена схема с использованием АПГ, который позволит не только обессоливать воду, но и получать высококонцентрированный хлорид натрия, представленная на рисунке.



Принципиальная технологическая схема извлечения солей из стоков ЭЛОУ

Исходный раствор поступает в АПГ 2, где в процессе упаривания образуется насыщенный раствор и кристаллы NaCl , которые вместе с концентратом направляются в отстойник 5. Здесь при охлаждении и некоторой выдержке происходит рост кристаллов, которые при достижении максимальных размеров выгружаются с помощью винтового шнека.

Выгружаемая пульпа попадает в центрифугу 6 для выделения твердой фазы, а маточник поступает в сборник 7 для последующего упаривания в АПГ второй ступени [2].

Таким образом, применение АПГ позволит полностью сократить сброс загрязненных сточных вод ЭЛОУ в природные водоемы, уменьшить потребление свежей воды из природных источников, даст возможность регулировать расход воды в системах оборотного водоснабжения, а также получить высококонцен-

трированный хлорид натрия, который будет соответствовать требованиям производства хлора и других продуктов химической промышленности. Все это приведет к повышению экологических и технико-экономических показателей нефтеперерабатывающего завода.

Библиографический список

1. Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения нефтью № 141776.
2. Аппараты погружного горения: учебное пособие для вузов / А.Н. Алабовский, П.Г. Удыма. М.: МЭИ, 1994. 255 с.
3. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций: учебное пособие / Л.А. Рихтер, Э.П. Волков, В.Н. Покровский. М.: Энергоиздат, 1981. 295 с.
4. Аппараты с погружными горелками / П.Г. Удыма. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Машиностроение, 1973. 271 с.
5. Таубман Е.И. Термическое обезвреживание минерализованных промышленных сточных вод. Л.: Химия, 1975. 208 с.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФАТА НАТРИЯ В ЗАО «РУССКИЙ ХРОМ 1915»

*Ахмадышина В.Р., Сайдали А.А., Толкачева Л. Е.
УрФУ, e-mail:ksf@mail.ustu.ru*

Производство бихромата натрия и бихромата аммония в ЗАО «Русский хром – 1915» (г. Первоуральск Свердловской области) сопровождается образованием многотоннажного жидкого отхода, который в настоящее время перерабатывают на товарный сульфат натрия. Способ основан на химическом методе очистки раствора сульфата натрия от шестивалентного хрома, осаждении его в виде гидроксида хрома с последующим отделением на патронных фильтрах, упаривании очищенных растворов, отделении кристаллического сульфата натрия на центрифуге и его сушке. Удаление осадка гидроксида хрома со стадии фильтрации осуществляется «мокрым» способом. Осадок сбрасывается с патронов в заполненный жидкостью корпус и удаляется в виде суспензии гидроксида хрома, которая содержит до 30 % масс. сульфата натрия, до 2 % масс. гидроксида хрома, незначительное количество соединений кальция, железа, магния и натрия (вода – остальное). Данную суспензию направляют на шламовый прудок, что приводит к значительным потерям сульфата натрия и хрома. За год суммарный сброс указанного отхода достигает 34200 тонн. Это ощутимая нагрузка на прудок, который практически заполнен. Кроме того, за размещение отходов предприятие платит штрафы за загрязнение окружающей среды в размере более 2800 руб./т.

Целью работы явилось изучение возможности совершенствования технологии получения *сульфата натрия и экономии материальных и финансовых ресурсов предприятия.*

Был проведен анализ процессов получения *сульфата натрия*, сделан литературный обзор по способам его получения и процессу фильтрации суспензии на различных фильтрах, а также учтены требования рыночной экономики и политики государства о бережливости и экономии.

Установлено, что пульпа, поступающая на стадию фильтрации, содержит до 1,94 % масс. твердой фазы. Содержание такого количества твердых частиц достаточно для образования осадка, но скорость образования слишком мала. Поэтому для увеличения производительности фильтрации разделение суспензии на влажный осадок и очищенный раствор предлагается осуществлять в две стадии: первую стадию проводить на имеющихся в технологической схеме патронных фильтрах-сгустителях, вторую стадию на фильтр-прессе с горизонтальными плитами КМП. Работа фильтра осуществляется следующим образом: при сжатых плитах суспензия под давлением поступает в нижнюю часть каждой плиты – фильтрующую камеру. Жидкая фаза проходит через ткань (ТЛФ – 5), дренажное основание и через коллектор выводится из фильтра. Твердая фаза, задержанная тканью, предварительно прессуется. После осадок просушивается сжатым воздухом и выгружается при раскрытии фильтр-пресса. Осадок выносится на ткани из межплитного пространства и сбрасывается в точки – бункеры по обе стороны фильтра. Ткань протягивается через камеру регенерации, промывается, фильтр вновь зажимается, и рабочий цикл повторяется. Полученный очищенный раствор сульфата натрия после второй стадии фильтрации направляется вместе с основным потоком на упарку. Выполнены расчеты материальных и тепловых балансов процесса, а также расчет фильтр-пресса.

В результате усовершенствования стадии фильтрации увеличивается степень извлечения сульфата натрия до 94,5 %. Одновременно с этим дополнительно извлекается гидроксид хрома, который предполагается использовать в качестве добавки к хромитовой руде в производстве монокромата натрия.

Технико-экономические расчеты показали, что при внедрении усовершенствования прибыль составит около 2,6 млн руб. в год, условно-годовая экономия – более 250 тыс. рублей с выпуском 28500 тонн сульфата натрия.

Таким образом, предлагаемое решение позволит повысить степень использования сульфата натрия и хрома и сэкономить материальные и финансовые ресурсы предприятия.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ФОСФОГИПСА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА

Ашуров О.Т., Баклюк М.В., Гашикова В.И.

УрФУ, E-mail: ashurov.oybek@mail.ru

bmw-888@mail.ru

Работа предприятий по производству минеральных удобрений сопровождается образованием крупнотоннажных отходов, объем которых на территории России достигает сотни миллионов тонн. Отходы занимают значительные площади, оказывая тем самым отрицательное воздействие на окружающую среду. Утилизация крупнотоннажных промышленных отходов – одна из наиболее актуальных экологических проблем России.

Целью данной работы является получение гипсового вяжущего из фосфогипса, взятого из шламохранилища ОАО «Среднеуральский медеплавильный

завод» («СУМЗ») с целью сокращения расхода природного гипсового камня (ПГК) в условиях Свердловского завода гипсовых изделий.

Исследования проводились на образцах фосфогипса, отобранных из разных мест шламохранилища ОАО «СУМЗ». Химическим анализом проводилось определение $P_2O_{5\text{общ}}$, $P_2O_{5\text{водн}}$, $H_2O_{\text{крист}}$, $H_2O_{\text{гигр}}$ в образцах, содержание F было определено на заводе ОАО «СУМЗ». Далее была изучена кинетика измельчения и нейтрализации образцов фосфогипса. В качестве нейтрализатора использовалась гашеная известь. С учетом содержания $P_2O_{5\text{общ}}$ в образцах и ранее изученных процессов нейтрализации фосфогипса гашеной известью, использовалась добавка в количестве 3,0 % масс. и 10,0 % масс. от массы фосфогипса. Измельчение проводилось в шаровой мельнице, где отношение массы материала и шаров равно 1/5. Навеска образцов фосфогипса для измельчения бралась в количестве одного килограмма, и далее каждые через 15 минут отбирались пробы для проведения ситового анализа и для определения содержания $P_2O_{5\text{общ}}$, $P_2O_{5\text{водн}}$, $H_2O_{\text{крист}}$, $H_2O_{\text{гигр}}$ в образцах. Процесс термического разложения образцов фосфогипса проводился на лабораторной установке, имитирующей условия работы варочного котла. Процесс обезвоживания контролировался замером температуры в слое материала через 15 минут посредством термометра, в это время отбирались пробы для анализа на содержание гигроскопической и кристаллизационной воды с целью установления кинетики процесса и определения степени перехода $CuSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CuSO_4 \cdot 0,5H_2O$. Разложению подвергались предварительно подсушенные, измельченные и нейтрализованные образцы фосфогипса без и с добавлением природного гипсового камня в количестве от 30 до 50 % масс. при разных температурах в термостате. Фосфогипс нагревался до температуры начала обезвоживания в течение 4–5 мин. Температура в слое материала практически не изменялась в течение процесса обезвоживания вследствие интенсивного выделения и испарения кристаллизационной воды.

Экспериментально исследовались три образца фосфогипса, отобранных из разных мест шламохранилища ОАО «СУМЗ», характеристика которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика исходных образцов фосфогипса

Наименование	Содержание, % масс.				
	$H_2O_{\text{гигр}}$	$H_2O_{\text{крист}}$	$P_2O_{5\text{общ}}$	$P_2O_{5\text{водн}}$	F
Образец 1	21,96	18,91	0,40	0,11	1,50
Образец 2	21,24	19,91	0,25	0,09	1,30
Образец 3	21,52	19,96	0,22	0,07	1,00

Из характеристики образцов видно, что все три образца фосфогипса достаточно чистые, т. е. содержание примесей небольшое и, значит, по содержанию сульфата кальция относятся к первому сорту гипсового сырья. Фракционный состав исходных образцов представлен в табл. 2, из характеристики которого видно, что образцы достаточно однородны и представлены в основном частицами до 0,063 мм.

Таблица 2

Фракционный состав исходных образцов фосфогипса

Размер сита, мм	Состав, % масс.						
	+0,063	+0,040	+0,0315	+0,016	+0,0063	+0,005	–0,005
Образец 1	41,42	12,22	4,93	11,64	24,07	4,34	1,38
Образец 2	43,40	9,00	13,60	14,80	16,40	1,60	1,20
Образец 3	47,81	11,75	8,57	17,53	13,74	0,60	0

Исследования кинетики нейтрализации с одновременным измельчением проводились на образце № 1 фосфогипса, добавлением гашеной извести в количестве 10 % масс. Предварительно фосфогипс подсушивался на воздухе практически до полного удаления гигроскопической воды. Результаты эксперимента представлены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав образцов после нейтрализации

Время измельчения, мин.	Содержание, % масс.			
	H ₂ O _{гигр}	H ₂ O _{крист}	P ₂ O _{5общ}	P ₂ O _{5водн}
15	0,074	17,36	0,270	0,05
30	0,065	17,35	0,260	0,04
45	0,073	17,03	0,257	0,04
60	0,060	17,01	0,250	0,04
75	0,060	16,64	0,233	0,04
90	0,060	17,37	0,227	0,04

Анализируя полученные данные, можно сказать, что добавка гашеной извести в таком большом количестве неоправданна. Содержание P₂O_{5общ} и P₂O_{5водн} уменьшалось на небольшую величину. Поэтому для нейтрализации образцов была выбрана добавка гашеной извести в количестве 3,0 % масс. Такое количество взято из расчета содержания P₂O_{5общ} в исходном образце с избытком примерно 2 % масс. свободной извести в нейтрализованном материале. Измельчение образцов необходимо проводить в лабораторных условиях не менее 1,5 часов для получения измельченного материала с остатком на сите 0,016 мм не более 50 % масс. Всего было проведено 11 опытов по термическому разложению и полученные экспериментальные данные представлены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика условий разложения и химический состав полученных продуктов

№ опы- та	Состав	Температура, °С		Время разложения, мин	Содержание, % масс.			
		в тер- мо- стате	разло- жения		H ₂ O гигр	H ₂ O крист	P ₂ O ₅ общ	P ₂ O ₅ водн
1	ФГ ₁	145	126	180	0,010	7,6	0,31	0,18
2	ФГ ₁	160	128	214	0,005	7,11	0,25	0,08
3	70% ФГ ₁ + 30% ГК	160	129	135	0,013	6,24	0,18	0,07
4	50% ФГ ₁ + 50% ГК	180	145	135	0,007	5,72	0,17	0,07
5	ГК	160	131	195	0,008	5,16	0,06	-
6	ФГ ₂	160	145	180	0,005	5,80	0,22	0,07
7	70 % ФГ ₂ + 30 % ГК	160	135	185	0,005	5,26	0,17	0,04
8	70 % ФГ ₂ + 30 % ГК	180	150	130	0,006	6,63	0,16	0,03
9	ФГ ₃	160	150	180	0,032	6,04	0,19	0,05
10	50 % ФГ ₃ + 50 % ГК	160	140	180	0,049	5,96	0,16	0,04
11	ФГ ₁ + 100 г СаО	160	140	165	0,010	7,37	0,015	0,03

Ускорение процесса разложения фосфогипса возможно при введении от 30 до 50 % масс. ПГК. При этом время разложения сократится от 20 до 45 % отн.

Таблица 5

Фракционный состав образцов после термического разложения

№ опыта	Время термического разложения	Содержание, % масс.						
		+0,063	+0,040	+0,0315	+0,016	+0,0063	+0,005	–0,005
1	180	0,61	0,815	1,83	35,64	57,84	2,44	0,815
2	60	0,61	3,46	5,08	60,77	28,46	0,81	0,81
3	180	0,60	5,02	6,63	52,21	33,73	1,20	0,60
4	120	4,46	7,10	7,51	42,19	36,71	1,83	0,20
5	120	2,79	6,19	7,78	46,51	35,13	1,40	0,20
6	120	0,41	1,22	5,69	59,15	32,32	1,02	0,20
7	180	1,20	2,01	2,01	36,75	55,62	2,21	0,20
8	240	1,20	2,80	2,80	35,40	54,80	2,60	0,80
9	120	0,20	0,80	0,60	63,80	29,00	1,40	3,40
10	120	1,20	3,20	3,00	62,40	26,80	1,00	2,20
11	120	1,40	2,00	2,60	44,40	45,40	2,20	2,00

Анализ фракционного состава (табл. 5), позволяет сделать вывод, что фракционный состав влияет на время обезвоживания указанных образцов. Время обезвоживания уменьшается с повышением мелких фракций (–0,016). Исходя из этого, можно сказать что, измельчение более 90 мин. в лабораторных условиях не имеет смысла.

Результаты термического разложения показали, что процесс следует вести при 160 °С измельченных и нейтрализованных образцов фосфогипса, с добавлением природного гипсового камня в количестве до 30 % масс, что позволит заменить до 70 % дорогостоящего ПГК.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ПРИРОДНОГО ГИПСА ФОСФОГИПСОМ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВЯЖУЩЕГО

Баклюк М.В., Ашуров О.Т. Гашикова В.И.

УрФУ, E-mail: bmw-888@mail.ru

ashurov.oybek@mail.ru

Удовлетворение потребности в природном гипсовом сырье в Свердловской области происходит за счет Пермской и других областей. Транспортировка гипсового камня на расстояние 400 и более км приводит почти к двукратному удорожанию сырья. В настоящее время «Свердловский завод гипсовых изделий» испытывает необходимость замены дорогостоящего природного гипсового сырья на более дешевое, с целью улучшения экономической эффективности и конкурентоспособности продукции. Эта замена возможна при использовании фосфогипса из шламохранилища промышленного предприятия ОАО

«Среднеуральский медеплавильный завод» г. Ревда. По содержанию сульфата кальция фосфогипс является гипсовым сырьем высшего качества. Скопившееся количество фосфогипса на шламохранилище ОАО «СУМЗ» значительно превышает потребность промышленности строительных материалов Свердловской области в природном гипсовом сырье.

Целью данной работы является решение проблемы замены природного сырья на ОАО «СЗГИ» фосфогипсом со шламохранилища ОАО «СУМЗ». Эта замена позволит не только обеспечить сырьем ОАО «СЗГИ» и удешевить продукцию из гипсового вяжущего, но и частично улучшить экологическую ситуацию г. Ревды вследствие утилизации отхода.

Изучение возможности использования фосфогипса осуществлялось на трех образцах, отобранных из разных мест шламохранилища ОАО «СУМЗ». Сначала была изучена кинетика измельчения и нейтрализации для нахождения оптимальных условий подготовки фосфогипса. В результате чего было выявлено, что оптимальные условия этого процесса – это измельчение в лабораторных условиях не менее 1,5 часов с добавлением нейтрализатора в виде гашеной извести в количестве 3,0 % от массы фосфогипса. При этом pH нейтрализованного материала изменяется в промежутке от 7,0 до 8,0. Оптимальная дисперсность измельченных и нейтрализованных образцов (остаток на сите 0,016 мм) не более 50 % масс.

В результате изучения процесса термического разложения образцов фосфогипса было выявлено, что процесс следует вести при 160 °С, с добавлением природного гипсового камня для улучшения вяжущих свойств обезвоженного материала в количестве 30 % масс. Изучение вяжущих свойств проводилось на 11 образцах различного состава при нормальной водопотребности стандартными методами согласно ГОСТ 125-79 на строительный гипс. Состав исходного материала, условия его обезвоживания и введение природного гипсового камня оказывают существенное влияние на вяжущие свойства полученных образцов (таблица).

Изучив вяжущие свойства, необходимо отметить, что полученные образцы имеют очень высокую водопотребность. С увеличением добавки природного гипсового камня водопотребность уменьшается. Известно, что высокое водогипсовое отношение приводит к низкой прочности при сжатии – то есть, приводит к получению гипсового вяжущего низкой марки. Для улучшения вяжущих свойств полученного материала вводили специальную добавку – суперпластификатор МГ-4 в количестве 1,3 % от массы фосфогипса.

За счет добавления МГ-4 произошло уменьшение водогипсового отношения на 80–90 % отн. Сроки схватывания стали более оптимизированные, т.е. время начала схватывания увеличивается примерно на 15–30 % отн., а конец схватывания сокращается, в случае образцов смеси ФГ и ПГК на 30–40 % отн., а образцов ФГ – 80–95 % отн.

Прочность через 2 часа у вяжущего из фосфогипса низкая (от 1 до 2 МПа), введение природного гипсового камня от 30 % до 50 % повысило прочность от 3 до 8 МПа.

Вязущие свойства полученных образцов

№ опыта	Состав	Без добавления МГ-4			После добавки МГ-4				
		Сроки схватывания		В/Т	В/Т	Сроки схватывания		R _{сж} , МПа через 2 часа	Степень гидратации через 2 часа, % мас.
		Начало, мин.	Конец, мин.			Начало, мин.	Конец, мин.		
1	ФГ ₁	—	—	1,367	0,82	—	—	—	—
2	ФГ ₁	3,00	92,0	1,300	0,70	3,50	6,67	1,00	81,87
3	70% ФГ ₁ + 30% ГК	2,50	8,50	1,267	0,60	4,35	8,33	3,20	83,12
4	50% ФГ ₁ + 50% ГК	2,50	9,25	1,050	0,51	3,50	7,17	8,00	84,06
5	ГК	5,00	10,00	0,85	—	—	—	2,70	57,50
6	ФГ ₂	4,67	72,00	1,22	0,66	5,17	7,10	2,00	80,86
7	70 % ФГ ₂ + 30 % ГК	5,33	14,50	1,07	0,57	8,00	11,23	3,00	85,23
8	70 % ФГ ₂ + 30 % ГК	4,50	7,33	1,05	0,55	5,17	7,35	3,30	85,00
9	ФГ ₃	10,42	11,00	1,25	0,68	11,67	15,53	1,00	77,52
10	50 % ФГ ₃ + 50 % ГК	6,83	16,70	1,06	0,56	8,22	11,17	3,50	80,25
11	ФГ ₁ + 100 г СаО	10,00	98,50	1,25	0,70	10,67	15,67	0,40	73,47

Поскольку степень гидратации всех образцов примерно 80 % отн., то можно сказать, что при твердении образцов до постоянной массы прочность при сжатии должна несколько увеличиться.

Полученное гипсовое вяжущее на основе смеси фосфогипса и природного гипсового камня в количестве 30 % масс. с добавлением суперпластификатора МГ-4 подходит по характеристикам к марке Г3 строительного гипса.

В результате проведенных исследований и расчетов предложена технологическая схема получения гипсового вяжущего марки Г3 в условиях ОАО «СЗГИ» из смеси фосфогипса из шламохранилища ОАО «СУМЗ» и природного гипсового камня.

На действующем оборудовании ОАО «СЗГИ» были проведены опытно-промышленные испытания с учетом полученных нами экспериментальных данных и подтверждена возможность получения вяжущего марки не более Г-3 из фосфогипса с введением природного гипсового камня от 30 до 50 %.

ПЕРЕХОД НА ЗАМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ – ОСНОВНОЙ ПУТЬ ЭКОНОМИИ ВОДЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Бондаренко Е.А., Валенцева Т.А., Аксенов В.И., Ничкова И.И.
УрФУ, eabondarenko@esa-01.ru*

В настоящее время отечественная промышленность потребляет около 45 км³ свежей воды в год. Практически 90 % этой воды поступает в различные оборотные циклы. При этом в существующих оборотных циклах потери воды достигают от 10 до 30 %, что не только постоянно увеличивает промышленное водопотребление, затраты ресурсов и энергии, но и приводит к существенному загрязнению водоисточников продувочными водами.

В большинстве развитых стран мира за последние 10 лет четко прослеживается тенденция создания замкнутых систем водоснабжения (ЗСВ) промышленных предприятий. Причины, обуславливающие активное создание ЗСВ: с одной стороны, катастрофическое загрязнение, как мы отмечали, природных водоемов промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными стоками вследствие значительного роста производства промышленной и сельскохозяйственной продукции при возрастании потребностей населения и промышленности в чистой воде; а с другой – появление разнообразного технологического оборудования (многокорпусные выпарные установки, оборудование обратного осмоса и др.), применение которого позволяет замкнуть цикл водопользования при обеспечении приемлемых экономических показателей. Сегодня применение ЗСВ является единственным рациональным решением проблемы использования воды в промышленности. Можно считать, что началом перехода к созданию ЗСВ послужил Всемирный конгресс энергетиков в Австралии (1993 г.), на котором внедрение этих систем (по зарубежной терминологии – предприятие с нулевым сбросом стоков) было признано единственным путем реконструкции водного хозяйства (ВХ) в промышленности.

В России накоплен богатый опыт создания и эксплуатации ЗСВ. Первая в мире ЗСВ металлургического предприятия была введена в эксплуатацию на Верх-Исетском металлургическом заводе (г. Свердловск) в 1973 г. Указанный комплекс успешно работает и в настоящее время. В последующие годы на территории бывшего СССР было сооружено более 350 замкнутых систем на предприятиях различных отраслей промышленности.

Создание ЗСВ – комплексная задача, которая предусматривает внедрение эффективных, прежде всего, физико-химических и биотехнологических методов очистки сточных вод; установление научно обоснованных предельно допустимых концентраций солей, нефтепродуктов и других компонентов в оборотной воде с учетом ее эпидемиологической и токсикологической безопасности для каждого замкнутого цикла; создание максимально возможного числа локальных замкнутых циклов с многократным использованием воды; извлечение из сточных вод ценных компонентов; переработку в целях утилизации выделенных осадков и засоленных вод.

ЗСВ промышленного предприятия представляет собой химико-технологический комплекс (цех) по производству чистой воды внутри предпри-

ятия. В этом случае ЗСВ является неотъемлемой и одной из главных составных частей любого безотходного производства.

Отличительной особенностью замкнутых бессточных и безотходных систем водного хозяйства является необходимость наличия в их составе так называемых хвостовых установок, что позволяет сделать систему замкнутой. К ним относятся установки переработки продувочных вод, утилизации концентрированных отработанных технологических растворов, кристаллизации, обезвоживания и сушки осадков, а также стабилизационные, биоинженерные, сжигания, доочистки и др. Это усложняет и удорожает систему, которая, по существу, представляет собой химико-технологический комплекс по производству чистой воды. Эксплуатация таких комплексов, включающих сложное и дорогостоящее оборудование, невозможна без эффективных и надежных систем контроля и автоматического управления технологическим процессом и, главное, без высококвалифицированного обслуживающего персонала. В результате цех водоснабжения на предприятии становится основным, а не второстепенным.

Организация ЗСВ требует одновременной проработки всех элементов водного хозяйства в их взаимосвязи, а не только отдельных частей (чистых и грязных оборотных циклов, локальных сооружений по очистке стоков и др.). Действительно, в системе очищаются и используются ливневые воды, на хвостовых установках перерабатываются отходы от локальных циклов и др. Для создания замкнутой системы необходимы совместные усилия специалистов по очистке воды, технологов, специалистов по оборудованию и системам автоматического управления, экономистов, гигиенистов и др.

Особые сложности возникают при создании ЗСВ на горнообогатительных комбинатах (ГОК) и тепловых электростанциях (ТЭС), работающих на твердом топливе. Объясняется это образованием значительных количеств сложных стоков и разнообразных твердых отходов в них. Более того, даже при создании толкового комплекса очистных сооружений всегда появляется проблема повторного использования очищенных стоков.

Таким образом, применение на предприятии ЗСВ в комплексе с безотходными или малоотходными технологиями значительно снизит ресурсопотребление различными отраслями промышленности. Создание ЗСВ на промпредприятиях позволяет не только значительно снизить водопотребление, улучшить состояние водных ресурсов и экологическую обстановку, но и снизить затраты электроэнергии, которая требуется для перекачки значительных объемов воды зачастую на большие расстояния.

Библиографический список

1. Аксенов В.И., Щеклеин С.Е., Подберезный В.Л. и др. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание. Кн. 4. М.: Теплотехник, 2007. 240 с.
2. Аксенов В.И. Замкнутые системы водного хозяйства металлургических предприятий. М.: Металлургия, 1983. 124 с.
3. Аксенов В.И., Архипова О.А., Сидорова И.А., Ничкова И.И. Создание замкнутых систем водоснабжения металлургических предприятий // Сталь. 2005. № 9. С. 83-85.
4. Аксенов В.И., Балакирев В.Ф., Филиппенков А.А. Проблемы водного хозяйства металлургических, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий. Екатеринбург: НИСО УрО РАН, 2002. 267 с.

ПРОБЛЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Бондаренко Е.А.
УрФУ, eabondarenko@esa-01.ru

К наиболее опасным источникам загрязнения подземных и поверхностных вод относятся обогатительные и рудоподготовительные фабрики и связанные с ними хвостохранилища. Производственные сточные воды горно-обогатительных комбинатов (ГОК) представлены смесью подотвальных и шахтных сточных вод, которые характеризуются высоким содержанием солей металлов и взвешенных веществ. Наиболее часто встречаются сточные воды с сульфатной агрессивностью, содержание сульфатов в них варьируется от нескольких сотен до тысяч мг/дм³. Основной задачей водного хозяйства горно-обогатительных комбинатов является очистка агрессивных сильно загрязненных сточных вод перед сбросом в естественную среду, а также для их повторного использования в технологическом процессе.

Основу процесса очистки шахтных и подотвальных вод составляет реакция нейтрализации свободной серной кислоты, определяющей низкие значения рН очищаемых вод, с последующим образованием гидроксидов тяжелых металлов и сульфата кальция (в виде гипса).

Среди всех проблем, возникающих при очистке смеси шахтных и подотвальных сточных вод, можно выделить две основные:

1. Большие расходы сточных вод, достигающие десятков тысяч м³ в сутки. Для очистки таких объемов сточных вод до нормативного качества (или до качества, требуемого технологическим процессом при их повторном использовании), требуются многоступенчатые схемы с применением обессоливающих процессов, что значительно удорожает процесс очистки.

2. Показатели качества сточных вод тесно связаны с сезонами года. Выявлено, что минимальное содержание всех исследуемых элементов и максимальное значение рН отмечено в апреле, когда происходит интенсивное таяние снега, подъем грунтовых вод. Максимальное содержание элементов наблюдается в основном в августе-сентябре. В связи с этим возникают трудности при расчете основных сооружений станции нейтрализации и, как следствие, получение воды после очистки с различными показателями качества в течение года, которые зачастую не удовлетворяют предъявляемым требованиям.

При этом на сегодняшний день основной проблемой при очистке сточных вод с сульфатной агрессивностью является удаление растворенных сульфатов, которые являются причиной мгновенного загипсовывания трубопроводов и аппаратов. Удаление сульфат-ионов также диктуется токсичностью их соединений для окружающей среды.

На сегодняшний день существуют различные методы удаления сульфатов из сточных вод:

- реагентная обработка;
- мембранное разделение;

- биохимические технологии с использованием штамма сульфатредуцирующих бактерий;
- ионный обмен;
- термодистилляция;
- термические методы;
- и др.

Методы, основанные на мембранном разделении, ионном обмене и термодистилляции и т.п., неприменимы на горно-обогатительных предприятиях ввиду экономической нецелесообразности, учитывая необходимость в очистных сооружениях большой производительности. Применение же реагентных методов и биотехнологий не позволяет достигнуть высокого качества очистки.

Решение проблем очистки производственных сточных вод ГОК остается актуальным и требует скорейшего решения в связи с обострением экологической обстановки, ужесточением требований к сбрасываемым сточным водам.

Оптимальным же решением проблем водного хозяйства ГОК является создание замкнутой системы водоснабжения (ЗСВ). Такое решение позволит улучшить экологическую обстановку в районах расположения комбинатов, а также снизить потребление отрасли водных ресурсов за счет создания оборотных циклов, почвенных ресурсов, которые в настоящее время используются для создания шламонакопителей, являются чрезвычайно засоленными, в ряде случаев радиоактивными и непригодными для применения в любых сферах деятельности человека и природы.

Библиографический список

1. Баглай Е.Б., Баглай С.В., Риянова Э.А. Опыт промышленного сравнения методов очистки сточных вод от сульфат-ионов // Чистая вода России: Сборник докладов. Екатеринбург, 2011. С. 218-221.
2. Вдовина И.В. Снижение антропогенной нагрузки на малые реки в зоне влияния горнорудного промышленного предприятия (на примере Республики Башкортостан). Автореферат дис. канд. техн. наук. Уфа, 2009. 24 с.

ПРОИЗВОДСТВО БИХРОМАТА АММОНИЯ

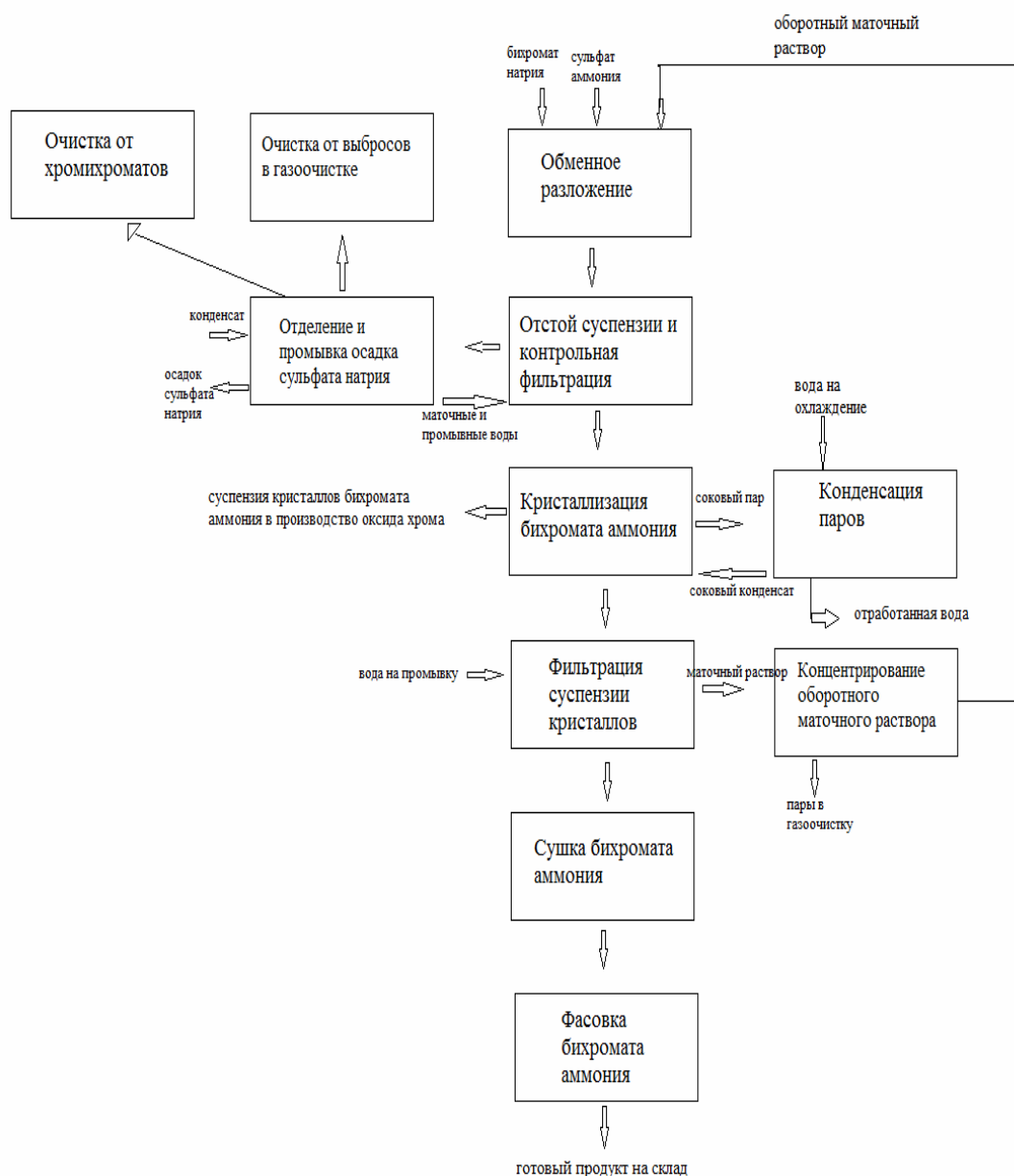
*Бухаринова М.Н., Кориневская Е.В., Катыхиев С.Ф., Теслюк Л.М.
УрФУ, E-mail: sfkatyshev@mail.ru*

Ассортимент соединений хрома, выпускаемых промышленностью в настоящее время, представлен следующей продукцией: бихромат натрия, бихромат калия, оксид хрома, монокромат натрия и малотоннажные хромовые препараты реактивной квалификации.

Бихромат аммония, производимый на ЗАО «Русский хром 1915», является полупродуктом и применяется в качестве исходного сырья в производстве оксида хрома технической различных сортов и марок. В свою очередь, бихромат аммония может применяться в металлообрабатывающей, кожевенной, текстильной, химической, лакокрасочной, фармацевтической, керамической, спичечной промышленности; для протравливания семян и др.

На протяжении многих десятилетий целями ЗАО «Русский хром 1915» являются: быстрое получение прибыли; расширение доли предприятия на рынке; повышение качества и номенклатуры выпускаемой продукции; разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий производства.

Процесс получения бихромата аммония осуществляется в целом однотипно. Полупродукт выпускается на производстве, работающем по непрерывной схеме. Для доведения производства бихромата аммония до товарного продукта возникла необходимость проработки технологической схемы. В процессе проведенной работы предложено добавление новых стадий в технологический процесс (фильтрация, сушка и грануляция, классификация, дробление и фасовка) и установка дополнительного оборудования (барабанного вакуум – фильтр, вакуум – кристаллизатор, барабанная сушилка БГС, и линия фасовки). Данная модернизация производства позволит расширить товарный ассортимент завода и увеличить его прибыль. Технологическая схема предлагаемого производства бихромата аммония приведена ниже.



Производство бихромата аммония осуществляется обменным разложением, сам технологический процесс является циклическим и удовлетворяет следующим требованиям:

- 1) отсутствие совместного выпадения $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и Na_2SO_4 ;
- 2) получение достаточно крупных, хорошо фильтруемых и отмываемых кристаллов;
- 3) высокая производительность процесса, т.е. высокий съем кристаллов с единицы веса или объема оборачивающихся в цикле растворов;
- 4) минимальное удельное количество выпариваемой воды.

Данный метод получения бихромата аммония имеет то преимущество, что в нем в качестве отхода получается не отбросный продукт, а имеющий сбыт сульфат натрия.

Расположение предлагаемого производства в условиях ЗАО «Русский хром 1915» также дает ряд преимуществ. Во-первых, производство бихромата аммония основано на реакции обменного разложения между бихроматом натрия и сульфатом аммония, то есть источниками исходного сырья являются цеха, расположенные на территории данного предприятия, что, в свою очередь, приводит к снижению затрат на транспортировку, закупку сырья и т.д. Во-вторых, большой спрос на бихромат аммония объясняется отсутствием товаров заменителей, что делает предлагаемый продукт уникальным.

СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ВАГРАНОЧНЫХ ГАЗОВ

*Васькова Е.О., Матюхин В.И.
УрФУ, katya-vaskova@yandex.ru*

Отличительной особенностью вагранок закрытого типа является полная герметизация шахты с целью очистки и утилизации всего объема газов.

В чугунолитейной вагранке благодаря высокому коэффициенту использования теплоты от сжигаемого топлива, отходящие газы имеют невысокую температуру около 120 °С. Они содержат до 150 г/м³ пыли, состоящей главным образом из мелких кусочков кокса, золы кокса, окалины и известняка. Наиболее часто для пылеулавливания используют многоступенчатую систему газоочистки. Предварительно очистку газов осуществляют сухим или мокрым способом в инерционных пылеулавливателях, циклонах и скрубберах различной конструкции. Стадию тонкой газоочистки можно производить на тканевых фильтрах, электростатических пылеулавливателях, эжекторных скрубберах и скоростных пылеуловителях с трубами Вентури.

Вследствие особенностей работы коксовой вагранки, отходящие газы могут содержать от 4,5 до 25 % монооксида углерода. Это токсичный газ без цвета и запаха. Кроме того, этот газ является горючим, и удалять его экономически нецелесообразно. Единственным способом очистки ваграночных газов от СО, позволяющим использовать его химический потенциал, является дожигание.

Комплексное решение проблемы утилизации ваграночных газов предполагает регенеративное использование физического и химического тепла отходя-

щих газов при их дожигании в отдельном подогревателе исходных компонентов.

Особенность технологии утилизации ваграночных газов заключается в предварительном подогреве запыленных газов до температуры 160 °С в пылеочистном аппарате инерционного типа. Более глубокая очистка газов осуществляется в рукавном фильтре. Степень очистки запыленных газов при реализации двухступенчатой схемы очистки газов составит не ниже 80–90 %. Очищенные от пыли ваграночные газы направляются во вторую секцию теплообменника, где они подогреваются продуктами горения из камеры дожига до температуры, обеспечивающей сжигание СО при наличии внешнего источника тепла. Процесс дожига монооксида углерода осуществляется в отдельной топке, где обеспечивается формирование горючей газозвушной смеси из подогретых ваграночных газов и холодного воздуха из атмосферы при наличии запальной горелки. Этот процесс ограничивается по максимальной температуре продуктов сгорания, уровень которой задается конструкцией последующих теплообменников. Отводимые горячие газы направляются на теплообменные поверхности для подогрева исходных компонентов основного процесса. Этот процесс осуществляется в трех секциях. Первая и третья секции по ходу движения горячих газов предназначены для подогрева воздуха, поступающего на вагранку. Вторая секция предназначена для подогрева ваграночных газов, поступающих на дожиг.

Данный способ позволяет утилизировать монооксид углерода в ваграночных газах, добиться высокой степени их очистки и регенерации образующейся теплоты в вагранку с повышением ее КПД.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИЙ КЛИНКЕРООБРАЗОВАНИЯ

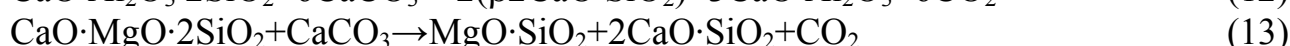
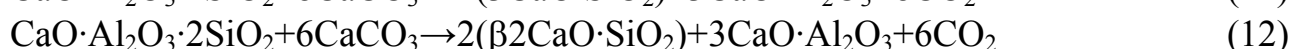
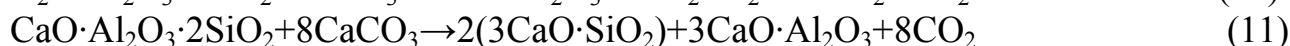
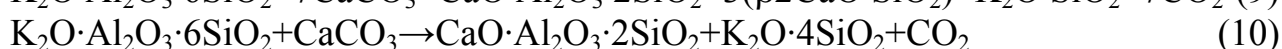
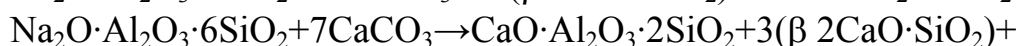
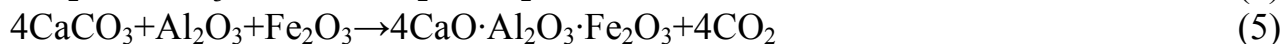
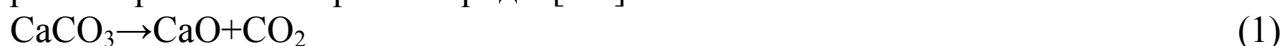
*Гаврилюк М.Н., Семериков И.С.
УрФУ, e-mail: dmik@pochta.ru*

Целью данной работы является термодинамическое изучение возможности получения основных клинкерных минералов из смеси известняка и горной породы Среднего Урала (гранодиорит, горнблендит, фельзит, липарит) при пониженной температуре обжига сырьевой смеси.

Гранодиорит состоит из полевого шпата и кварца с небольшим содержанием Fe_2O_3 . Липарит состоит из следующих минералов: кварца, 2-х валентного железа, анортита ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), пироксена, а также содержит незначительное количество роговой обманки. Фельзит является разновидностью липарита, отличаясь малым содержанием оксидов железа, и состоит из кварца, альбита, ортоклаза. Горнблендит является яснокристаллической магматической породой, состоящей преимущественно из роговой обманки. Все исследуемые горные породы в настоящее время применяются в качестве строительного щебня.

Для того, чтобы узнать возможность протекания реакций горных пород с известняком с целью получения традиционных клинкерных минералов, проведем термодинамические расчеты. Для упрощения расчетов рассмотрим взаимо-

действие известняка с минералами (формулы с 1 по 14), из которых состоят рассматриваемые горные породы [1-3].

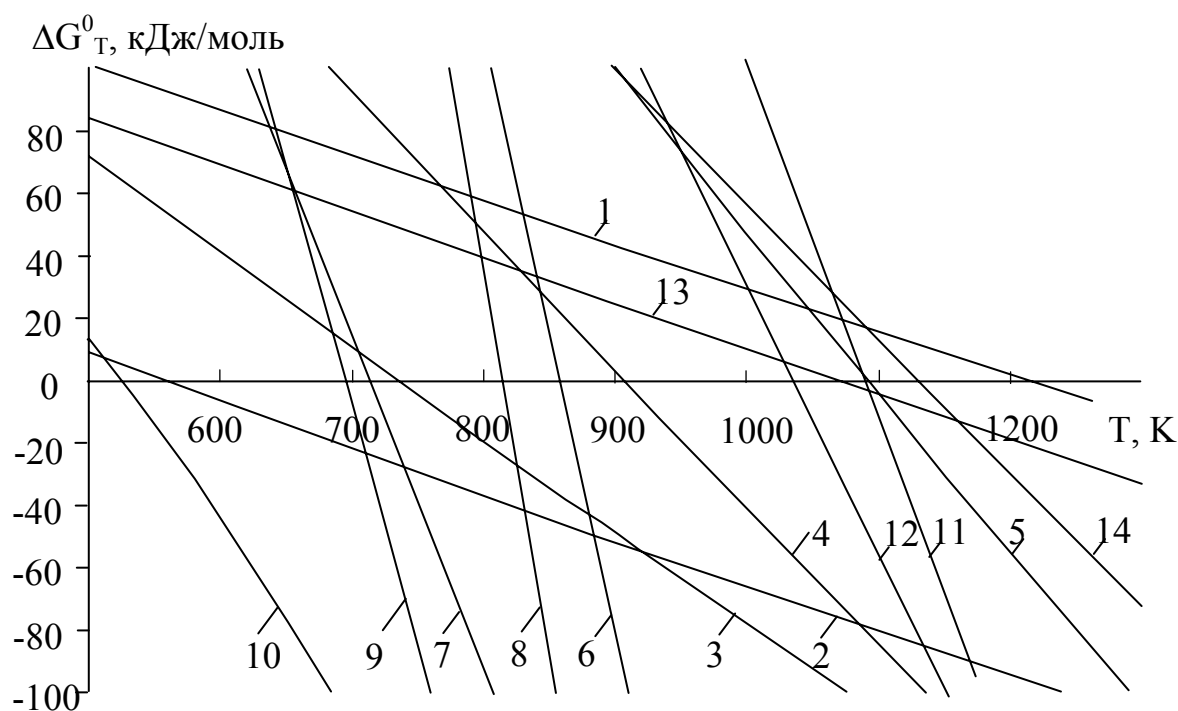


Свободная энергия Гиббса (ΔG^0_T) рассчитывалась по стандартной методике [1-3]. Результаты термодинамических расчетов представлены в таблице и на рисунке.

Термодинамические характеристики реакций

№ реакции	ΔH^0_{298} , кДж/моль	ΔG^0_{298} , кДж/моль	Значения коэффициентов, Дж/моль·град					$-\Delta H_0$, Дж/моль	Е	$T_{\text{начала реакции}}, K$
			Δa	$\Delta b \cdot 10^3$	$0,5\Delta b \cdot 10^3$	$\Delta c \cdot 10^{-5}$	$0,5\Delta c \cdot 10^{-5}$			
1	177,94	130,29	-11,56	-8,37	-4,19	10,89	5,44	185407,28	-239,77	1212
2	88,76	40,70	4,14	-32,15	-16,08	1,42	0,71	89430,39	-143,11	557
3	229,48	132,30	-16,04	-23,15	-11,58	15,83	7,91	240595,88	-440,38	735
4	420,86	275,66	-19,51	-36,93	-18,46	21,06	10,53	435377,90	-628,91	906
5	631,93	431,99	-72,01	-74,40	-37,20	110,03	55,02	693620,42	-1175,40	1092
6	1784,75	1155,98	-148,80	-74,15	-37,07	-138,16	-69,08	1786019,60	-3128,59	858
7	841,67	503,92	-80,89	-32,53	-16,27	-202,14	-101,07	799390,00	-1684,80	713
8	1843,03	1212,75	370,78	60,88	30,44	2,68	1,34	1730732,18	386,27	815
9	899,95	560,70	438,69	102,49	51,25	-61,29	-30,65	744102,58	1830,07	696
10	172,79	103,41	462,68	203,94	101,97	-53,30	-26,65	7969,10	2926,60	525
11	1325,83	938,76	-74,86	-69,17	-34,58	74,44	37,22	1376193,64	-1820,85	1090
12	943,08	652,05	-67,91	-41,62	-20,81	63,97	31,99	986629,61	-1443,79	1035
13	162,03	111,03	-27,21	11,10	5,55	26,71	13,36	178610,04	-350,07	1067
14	515,44	365,42	-57,90	8,42	4,21	58,66	29,33	552002,09	-888,68	1130

Проанализировав результаты расчета свободной энергии Гиббса от температуры, можно выстроить реакции образования C_2S и C_3A из минералов, составляющих горные породы и известняка, в следующий ряд в порядке увеличения температуры возможности реакции ($T_{\text{начала реакции}}$): ортоклаз $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 696 К (реакция 9); альбит 713 К (реакция 7); кварц SiO_2 735 К (реакция 3); ортоклаз 815 К (реакция 8); альбит $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 858 К (реакция 6); анортит $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ 1035 К (реакция 12); пироксен $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ 1067 К (реакция 13).



Зависимость свободной энергии Гиббса от температуры для реакций взаимодействия известняка с минералами и оксидами, из которых состоят горные породы Среднего Урала (номера кривых соответствуют номерам реакций)

Все реакции образования белита ($2CaO \cdot SiO_2$), алита ($3CaO \cdot SiO_2$), браунмиллерита ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$), алюмината ($3CaO \cdot Al_2O_3$) могут протекать при низких температурах от 525 К до 1250 К.

На основании проведенных термодинамических расчетов можно рекомендовать применять горные породы Среднего Урала в качестве алюмосиликатного и железосодержащего компонента для производства портландцементного клинкера с пониженной температурой обжига.

Библиографический список

1. Бобкова Н.М. Сборник задач по физической химии силикатов и тугоплавких соединений: Учеб. пособие для вузов/ Н.М. Бобкова, Л.М. Силич, И.М. Терещенко // Минск, 1990, 175 с.
2. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов / Под ред. О.П. Мчедлов-Петросян. М., 1986. 408 с.
3. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. М., 1989. 384 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТИОМОЧЕВИНЫ И ЖЕЛАТИНА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ МЕДИ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Гаева Н.М., Межевова Е.А., Останин Н.И.
УрФУ, e-mail: el-chem@mail.ustu.ru

Процесс электролитического рафинирования меди проводят в кислом сульфатном электролите. Время наращивания катодного осадка в товарной ванне составляет 7–10 суток. Для того, чтобы получить качественный катодный осадок меди с минимальным удельным расходом электроэнергии, в электролит вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ). На большинстве медерафинировочных предприятий в качестве ПАВ используют хлорид ионы (Cl^-), клей или желатин (Ж) и тиомочевину (ТМ).

Для исследования механизма действия и поведения добавок при электролитическом осаждении меди использовали метод электрохимической импедансной спектроскопии (ЭИС). Импедансный метод, в сравнении с другими электрохимическими методами, позволяет обеспечить наибольшую точность для исключительно широкого диапазона частот воздействующего сигнала и дает обширную информацию о процессах электрохимической кинетики.

Исследования проводили в растворе содержащем (г/л): $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 177 и H_2SO_4 – 150. В качестве добавок использовали Cl^- -ионы в количестве 40 мг/л, желатин и тиомочевину – 1, 3, 5 мг/л. Температура электролита составляла 60 °С. Импедансные измерения выполнены с помощью электрохимической испытательной системы SOLARTRON 1280С в трехэлектродной электрохимической ячейке. В качестве рабочего электрода использовали платиновую проволоку площадью 0,383 см², предварительно покрытую медью. Вспомогательный электрод изготовлен из медной проволоки в виде спирали. Импедансные измерения выполнены при равновесном потенциале медного электрода и при потенциале -0,015 В относительно медносульфатного электрода сравнения. При этом потенциале в электролите без добавок по результатам потенциодинамических исследований плотность тока составляет 200-300 А/м², что соответствует плотности тока на товарных ваннах.

Импедансные диаграммы медного электрода при различных концентрациях желатина и тиомочевины приведены на рис. 1 и 2. При анализе вида годографов, полученных в растворах с разным содержанием желатина и тиомочевины, можно заметить, что величина мнимой составляющей импеданса при характеристической частоте закономерно изменяется с концентрацией добавки. На рис. 3 представлены зависимости мнимого значения импеданса при характеристической частоте от концентрации тиомочевины и желатина.

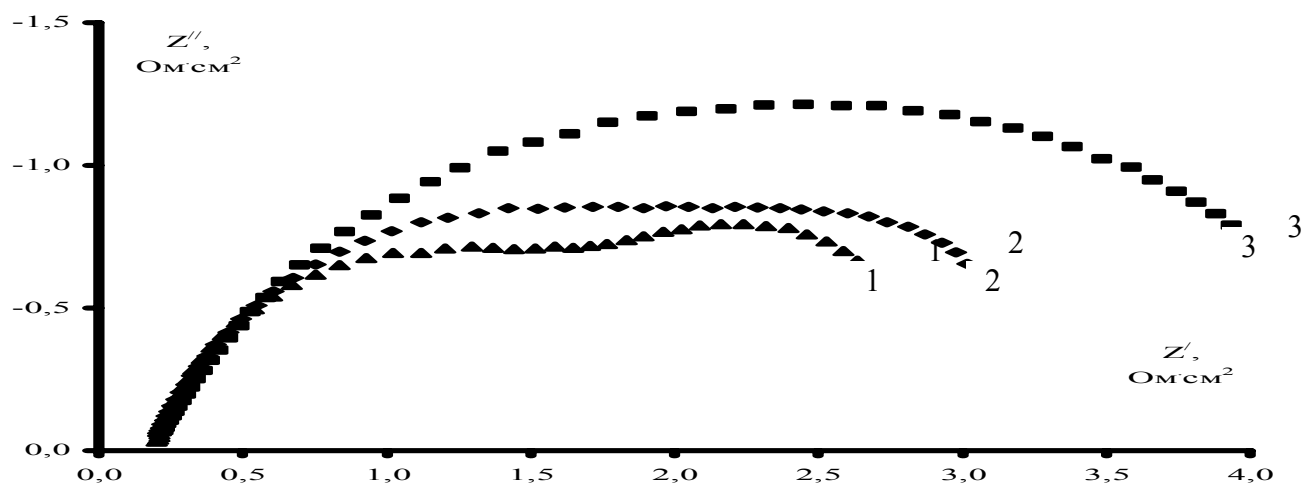


Рис. 1. Влияние концентрации тиомочевины в составе комбинированной добавки с хлорид ионами и желатином (5 мг/л) на форму годографа при равновесном потенциале:
1 – 5 мг/л; 2 – 3 мг/л; 3 – 1 мг/л

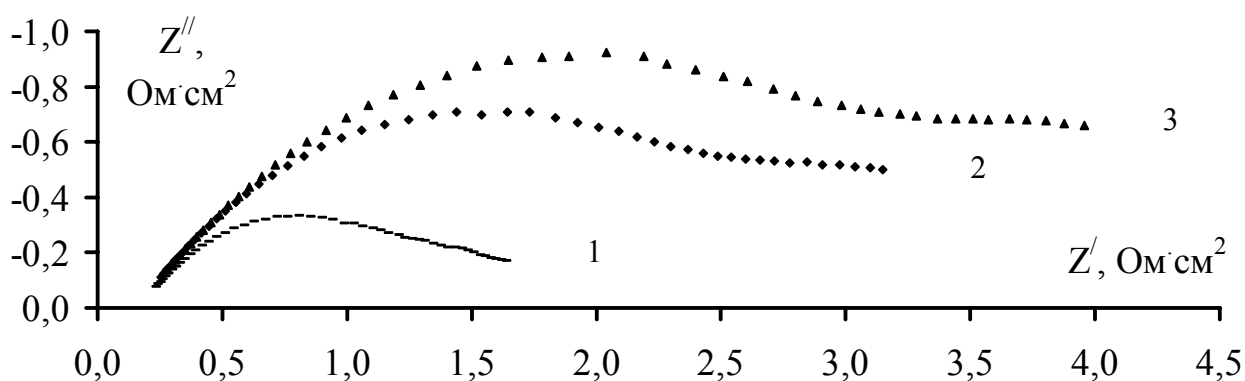


Рис. 2. Влияние концентрации желатина в составе комбинированной добавки с хлорид ионами и тиомочевинной (5 мг/л) на форму годографа при потенциале -0,015 В относительно насыщенного медносульфатного электрода сравнения: 1 – 1 мг/л; 2 – 3 мг/л; 3 – 5 мг/л

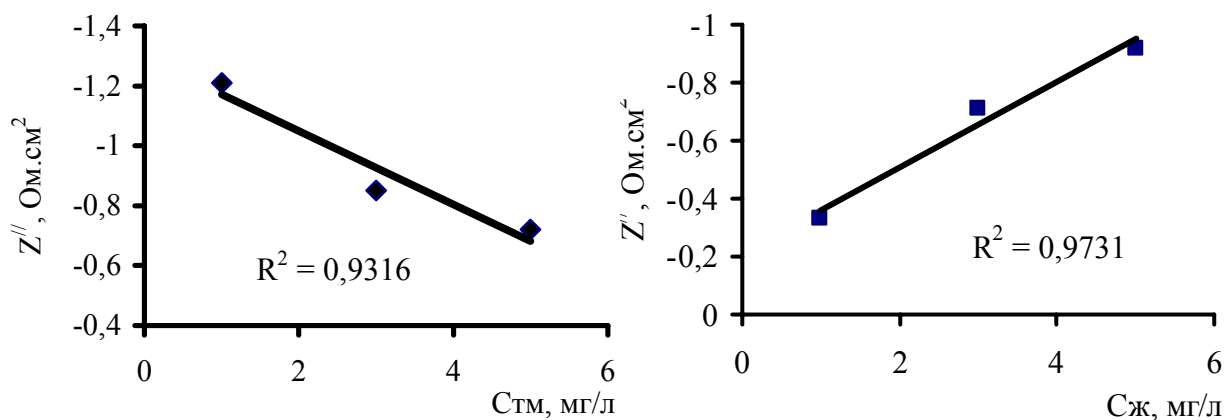


Рис. 3. Изменение мнимой составляющей импеданса от концентрации тиомочевины при равновесном потенциале (а) и желатина при потенциале -0,015 В (б)

Экспериментальные данные показывают, что наблюдается линейная зависимость мнимого значения Z'' от концентрации с коэффициентом детерминации близким к единице. Для оценки содержания тиомочевины в кислом сульфатном электролите можно использовать результаты импедансных измерений при равновесном потенциале. Для определения содержания желатина в кислом сульфатном электролите можно рекомендовать импедансные измерения при катодной поляризации медного электрода.

Выбор оптимальной концентрации и скорости дозирования добавок в электролит товарной ванны электрорафинирования меди позволит улучшить технико-экономические показатели электролиза и снизить удельный расход электроэнергии.

СНИЖЕНИЕ ЭМИССИИ CO₂ АВТОТРАНСПОРТОМ КАК РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ФАКТОР

Голубева А.С., Магарил Е.Р.
УрФУ, E-mail : brilliants@el.ru

В современных условиях возрастающей ограниченности природных ресурсов и ассимиляционного потенциала окружающей среды необходима разработка и реализация механизмов оптимального использования этих ресурсов, поиск путей устойчивого экологически сбалансированного экономического развития общества с учетом интересов будущих поколений.

Как известно, одним из основных показателей уровня развития цивилизации является уровень потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Бурно развивающиеся экономики стран мира в XX веке требовали все больше затрат энергоресурсов, что вызывало ежегодный рост добычи нефти, угля, газа (рис. 1) [1], которые казались неистощимыми. Однако разразившийся в 1973-1974 гг. нефтяной кризис заставил многие страны задуматься над использованием альтернативных источников энергии и экономичным потреблением ТЭР.

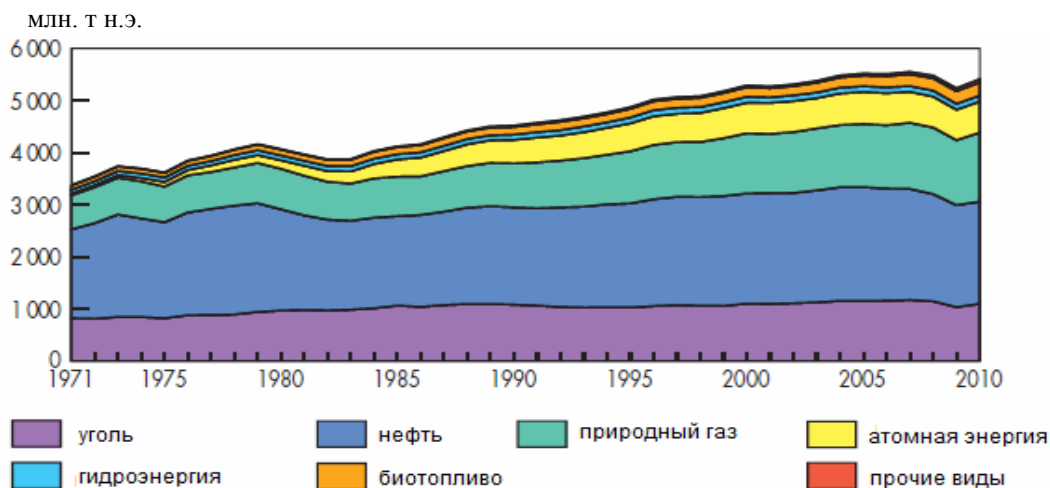


Рис. 1. Добыча топливно-энергетических ресурсов в мире

Одним из основных потребителей нефтепродуктов является транспорт (рис. 2) [1]. Стоит отметить, что в структуре потребления нефти транспортным сектором и, соответственно, в эмиссии CO₂ превалирует автотранспорт, парк которого с каждым годом увеличивается (таблица) [2].

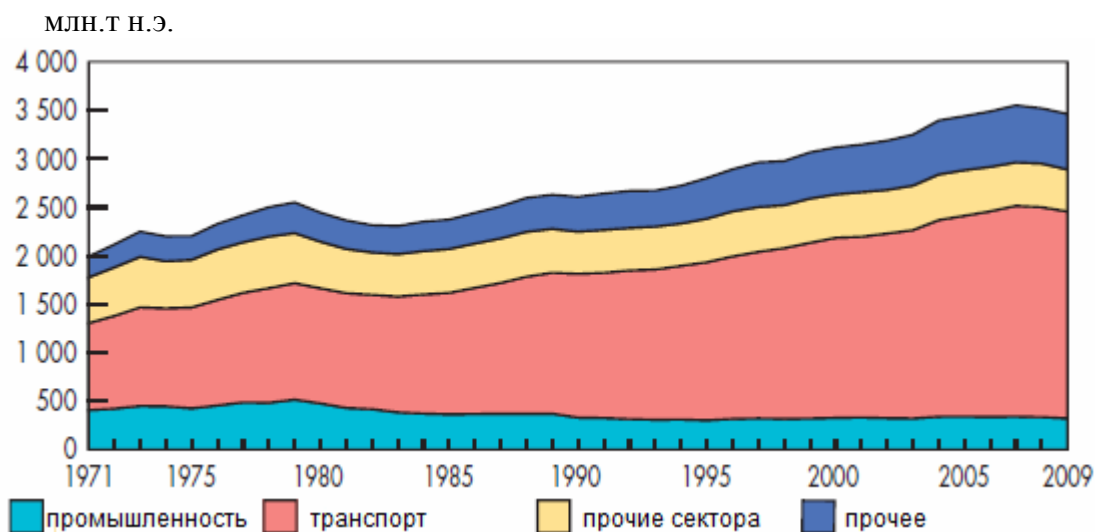


Рис. 2. Потребление нефти и нефтепродуктов в мире по секторам

Динамика численности автомобилей, тыс. шт.

Наименование	Период					
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	
					кол-во	в сравнении с 2006 г., %
РФ	32 547	35 455	38 264	39 303	40 662	124,9
Москва	3 097	3 308	3 544	3 599	3 686	119,0
Екатеринбург	559	585	623	634	649	116,3

Углекислый газ, образующийся при сжигании любого органического топлива, является одним из основных компонентов автомобильных выбросов. Таким образом, мероприятия по сокращению эмиссии диоксида углерода автотранспортом непосредственно относятся к ресурсосберегающим мероприятиям, так как повышение концентрации CO₂ коррелирует с интенсификацией потребления дефицитных топлив нефтяного происхождения, при сжигании которых он образуется.

Снижение эмиссии CO₂ автотранспортным сектором возможно за счет повышения топливной экономичности автотранспортных средств (рис. 3) и стимулирования потребления видов топлив, являющихся альтернативой традиционным топливам нефтяного происхождения (бензинам и дизельным топливам).

В реализации мероприятий, направленных на снижение выбросов CO₂, определяющую роль играют государство, автовладельцы, автопроизводители и производители топлив [3].



Рис. 3. Факторы снижения выбросов CO₂ повышением топливной экономичности

В компетенцию правительств входит установление экологических стандартов для автотранспортных средств и топлив, а также инструментов налоговой политики в целях стимулирования производства и потребления альтернативных видов топлив и улучшения экологических характеристик традиционных топлив, эффективная организация транспортных потоков, дорожной сети. Автовладельцам, в свою очередь, следует поддерживать техническое состояние транспортных средств, соблюдая правила эксплуатации, придерживаться «экономичного» стиля вождения, а также применять присадки, позволяющие снизить удельный расход топлива. Автопроизводители должны стремиться к совершенствованию конструкции автотранспортных средств и двигателей внутреннего сгорания. Необходима модернизация процессов нефтепереработки, наращивание мощностей производства высококачественных компонентов моторных топлив.

Таким образом, проблема снижения выбросов CO₂ и, соответственно, повышения топливной экономичности автотранспорта является одной из приоритетных для мирового сообщества, учитывая необходимость рационального использования невозобновляемых источников энергии. Успешное решение ее возможно лишь совместными усилиями правительств, владельцев автотранспортных средств, автопроизводителей и производителей топлива.

Библиографический список

1. Режим доступа: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf (Key World Energy Statistics 2011)
2. Режим доступа: <http://www.gks.ru>
3. Режим доступа: <http://www.aae-press.ru/j0056/art012.htm> (Гусаров А.П. «Потребление топлива и выбросы CO₂ автомобилями»).

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Данилова Р.В., Валиев Ф.Г., Сафин Р.Р.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
reginka.danilova@mail.ru*

Древесно-полимерные композиционные материалы являются одной из новых групп строительных материалов, которая в последние годы характеризуется высокой динамикой развития. Производство древесно-полимерного композита которого развернуто во многих городах нашей страны, позволяет использовать различные отходы производства древесины, а также различные отходы целлюлозной и полимерной промышленности, данный вид материалов нашел широкое применение в строительстве и производстве мебели.

Однако предлагаемые большинством производителей древесно-полимерные композиты подвержены короблению, истиранию и ухудшению внешнего вида в процессе эксплуатации в уличных условиях, поэтому производители не отрицают, что срок службы ДПКМ составляет не более 4 лет, что, безусловно, не удовлетворяет условиям рынка, учитывая высокую стоимость данных изделий.

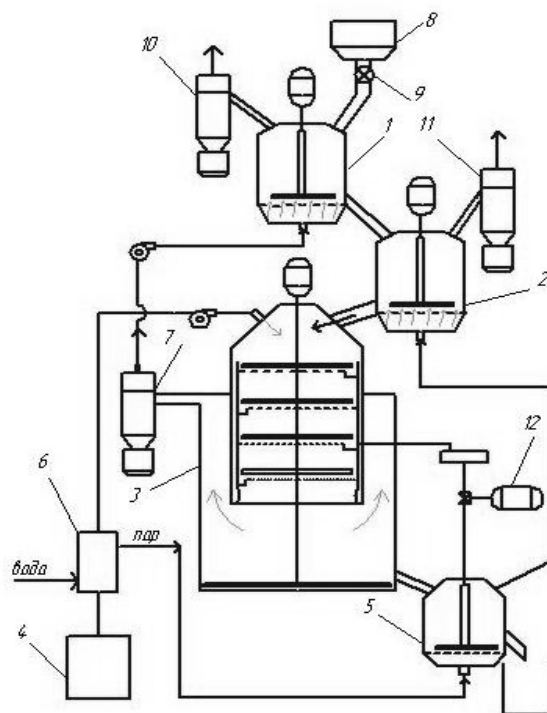
Предложенная нами новая технология термического модифицирования древесного наполнителя позволяет увеличить срок службы ДПКМ за счет повышения таких эксплуатационных характеристик, как формоустойчивость, твердость, износостойкость, стойкость к биоповреждениям.

Способ термического модифицирования древесного наполнителя включает последовательные стадии сушки, термомодифицирования и охлаждения древесного сыпучего сырья. Стадия сушки включает две ступени: на первой ступени древесное сыпучие сырье обрабатывается в среде отработанных топочных газов с температурой до 230 °С, на второй – в среде перегретого водяного пара температурой 120 °С, что обеспечивает выравнивание влажности крупной и мелкой фракций древесного сыпучего сырья, высушенных на первой ступени сушки. Термомодифицирование предварительно высушенного древесного сырья ведется при температуре 220...230 °С в среде топочных газов при полном отсутствии кислорода воздуха, благодаря чему резко снижается пожаро- и взрывоопасность. Нижний предел температуры топочных газов принимается равным 220 °С, поскольку более низкие температуры не позволяют добиться необходимой степени модифицирования. Верхний предел температуры топочных газов принимается равным 230° С, поскольку более высокие температуры могут привести к разложению древесного сыпучего сырья.

Древесное сыпучее сырье, прошедшее тепловую обработку, охлаждается до температуры 120 °С путем подачи насыщенного водяного пара при абсолютном давлении не более 1,2 атм.

Древесный наполнитель, прошедший термомодифицирование, приобретает следующие свойства: повышенную стабильность геометрических размеров, увеличенную гидрофобность, улучшенную стойкость к биоповреждениям, повышенную твердость, что позволяет получить древесную муку более тонкого помола и, в конечном итоге, обеспечить высокие эксплуатационные характеристики ДПКМ.

Устройство для термомодифицирования древесного наполнителя (рисунок) содержит сушильные камеры первой и второй ступеней 1 и 2, камеру термомодифицирования 3, газификатор 4 и камеру охлаждения 5.



Устройство для термомодифицирования древесного наполнителя.

Топочные газы, образующиеся в результате сгорания древесных отходов в газификаторе 4 обратного действия, с температурой до 800 °С, охлаждаются в парогенераторе 6 до температуры 220...230 °С и подаются в камеру термомодифицирования 3, туда же подается предварительно высушенное древесное сыпучее сырье из сушильной камеры второй ступени 2. Камера термомодифицирования 3 содержит набор вертикальных сит с увеличивающимся снизу вверх диаметром отверстий, но постоянной суммой площадей отверстий на разных ситах для обеспечения одинаковой скорости прохождения топочных газов через все сита. Сита закреплены на внутреннем каркасе камеры тепловой обработки с возможностью создания виброкипящего слоя. Подача предварительно высушенного древесного сыпучего сырья осуществляется на верхнее сито. Движение топочных газов и древесного сыпучего сырья осуществляется в попутном направлении сверху вниз, причем происходит постоянная сепарация

древесного сыпучего сырья, определяющая время тепловой обработки частицы древесного сырья в зависимости от её размеров. Сита расположены таким образом, что мелкая фракция, просеиваясь через отверстия сита, проходит более короткий путь, и тем самым сокращается продолжительность тепловой обработки более мелкой фракции. Более крупная фракция перемещается на нижележащее сито с помощью мешалки через специальный проем в сите или путем просеивания через отверстия до соответствующего сита, и, тем самым, проходит путь, необходимый для полной термомодификации. Таким образом, достигается требуемая степень термомодифицирования крупной и мелкой фракций.

Обработанное в течение 15-25 минут древесное сыпучее сырье из камеры термомодифицирования 3 направляется в камеру охлаждения 5. Оставшиеся в топочном газе мелкие фракции обработанного древесного сыпучего сырья вместе с топочными газами направляются в циклон 7, где происходит их осаждение. Выходящие из циклона 7 топочные газы с температурой до 230 °С направляются на первую ступень сушки 1, туда поступает влажное древесное сыпучее сырье из загрузочного бункера 8 через питатель 9.

Сушка влажного древесного сыпучего сырья на первой ступени сушки осуществляется в среде отработанных топочных газов с температурой до 230 °С в сушилке кипящего слоя. Движение отработанных топочных газов и влажного древесного сыпучего сырья осуществляется в противоточном направлении. Высушенное древесное сыпучее сырье подается на вторую ступень сушки 2.

Древесное сыпучее сырье, прошедшее тепловую обработку, охлаждается до температуры 120 °С в камере охлаждения 5 путем подачи из парогенератора насыщенного водяного пара при абсолютном давлении не более 1,2 атм. Водяной пар, перегретый в результате охлаждения древесного сырья, направляется на вторую ступень сушки 2, где используется в качестве агента сушки. Это обеспечивает сушку от связанной влаги и выравнивание влажности древесного сыпучего сырья, прошедшего первую ступень сушки.

Для получения готового древесно-полимерного композита, модифицированные древесное сырье после обработки доизмельчают до состояния муки и далее смешивают с ПВХ или ПВД в определенной пропорции и осуществляют формование.

Данная технология обеспечивает максимально полное использование древесных ресурсов, экономию полимерных материалов на 40 % по сравнению с существующими и создание нового рынка высококачественных древесных продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Библиографический список

1. Аминов Л.И. Общие принципы модификации натуральных волокнистых материалов различного происхождения в плазме ВЧ-разряда пониженного давления / Л.И. Аминов, Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. Казань: КГТУ, 2009. № 5.

2. Сафин Р.Р. Композиционные материалы на основе модифицированных древесных опилок обработанные ВЧ плазмой / Р.Р. Сафин, Л.И. Аминов, Е.Ю. Разумов [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2009. № 1.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ШИХТЫ В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

*Девятых Е.А., Девятых Т.О.
УрФУ, d.jon89@mail.ru*

В докладе представлены результаты работы программного обеспечения для расчета оптимального соотношения флюсов и железорудных материалов на заданную основность шлака. Объект информатизации представляет собой доменную печь, необходимую для получения чугуна с заданным составом. В качестве сырья используются: агломерат (железорудные материалы), флюсы и кокс.

Необходимость разработки данной программы вызвана потребностью в автоматизации процесса расчета состава шихты, а также для экономии флюсов, железорудных материалов и кокса.

Основными целями разработки программного обеспечения являются: расчет оптимального соотношения флюсующих компонентов на заданную основность шлака, расчет соотношения железорудных материалов, графическое представление результатов расчетов, создание отчетной документации.

В программном обеспечении имеется возможность корректировки состава железорудных материалов, кокса, флюсов, что, в свою очередь, позволяет наилучшим образом удовлетворять потребностям пользователей.

Программное обеспечение было разработано в среде Visual Studio 2010 NET, которая является современным средством разработки программ и предоставляет разработчику удобные графические инструменты для создания удобного пользовательского интерфейса, проектирования классов и вспомогательных материалов.

Дополнительные возможности программы:

- присутствует расчетный модуль в виде библиотеки .dll;
- программное средство устанавливается на клиентский компьютер с помощью русскоязычного инсталлятора;
- при входе в программу пользователь выбирает вид расчета и может корректировать все исходные параметры;
- присутствует сохранение конфигурационных настроек, исходных данных во внешнем .xml файле, возможность загрузки различных вариантов данных без завершения работы;
- создание отчета с возможностью его предварительного просмотра;
- вызов контекстно-зависимой справки.

Во избежание некорректной работы приложения разработаны процедуры, не допускающие ввода текстовых символов, а также проверки введенных значений на валидность.

Фрагмент интерфейса программы представлен на рис. 1.

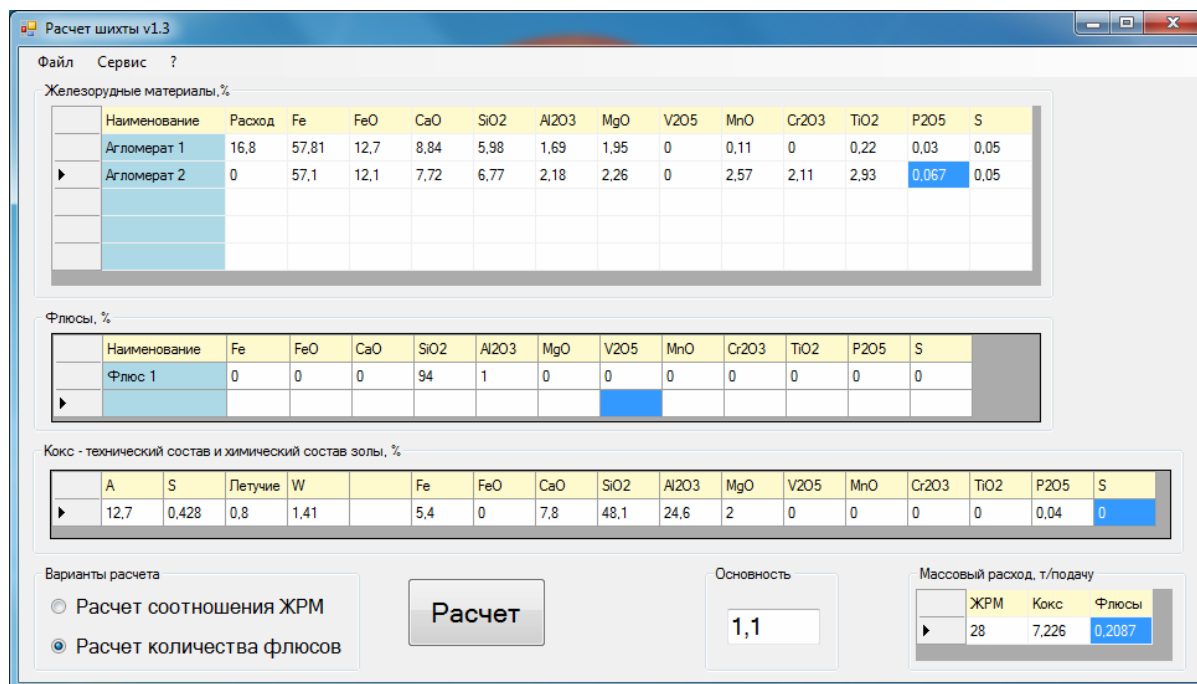


Рис. 1. Фрагмент интерфейса программы

В результате работы программы рассчитываются оптимальный расход флюсов заданного состава и оптимальное соотношение железорудных материалов (рис. 2).

Массовый расход, т/подачу			
	ЖРМ	Кокс	Флюсы
▶	28	7,226	0,2087

Рис. 2. Результаты работы программы

Программный продукт соответствует следующим требованиям:

- функциональность;
- надежность;
- легкость в применении;
- сопровождаемость;
- эффективность;
- мобильность.

Программный продукт может быть использован как для учебных целей, студентами и преподавателями высших учебных заведений, так и инженерно-техническими работниками предприятий металлургической отрасли.

Использование данного программного обеспечения при расчете состава шихты в доменном производстве ведет к экономии дорогостоящих флюсов и железорудных материалов, что, в свою очередь, уменьшает себестоимость выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Рамм А. Н. Современный доменный процесс / М.: Металлургия. 1980. 303 с.
2. Троелсен Э. Язык программирования C# 2010 и платформа.NET 4: [пер. с англ.] / Э.Троелсен. СПб.: Вильямс, 2010. 1392 с.

3. Лавров В.В. Технология разработки программного обеспечения: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 230201 – Информационные системы и технологии / В.В. Лавров, И.А. Бабин Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 19 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ КОНВЕРСИОННОГО КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ В ЦИКЛОНЕ

*Долматова Ю.А., Долматова М.О., Замураев А.Е., Ермаков А.А.
УрФУ, e-mail: lesrusalok@mail.ru*

Для сушки тонкодисперсных солей, таких как карбонат кальция, целесообразно использовать трубы-сушилки [1]. Сухой карбонат кальция содержит частиц диаметром 65 микрон и меньше до 90 %, но во влажном продукте, поступающем в сушилку, имеются агрегированные частицы размером 1,5–3 мм. Расчеты с помощью математической модели процесса сушки в трубах-сушилках [2] показали, что частицы размером 0,065 мм высыхают практически мгновенно, на расстоянии 0,4 м от места загрузки от начальной влажности 10 % до влажности менее 0,01 % и нагреваются до температуры газа, а частицы (агрегаты) 1,5 мм на расстоянии 6 м от места загрузки высыхают до влажности 4 %. Влажность же сухого карбоната кальция должна быть не более 0,16 %, поэтому необходимо было установить роль циклона в процессе сушки конверсионного карбоната кальция.

Были проведены опыты по сушке в циклоне ЦН-15, диаметром 100 мм. Карбонат кальция подавался в трубопровод перед входным патрубком. Расход воздуха задавали по условной скорости $v_{ц}$, отнесенной к полному поперечному сечению цилиндрической части циклона. По данным [3], значения $v_{ц}$ принимают равными 2,5...4 м/с.

Расход измеряли с помощью диафрагмы. Температуру воздуха на входе и выходе из циклона измеряли ртутными термометрами. Пробы на абсолютную влажность, отнесенную к сухому продукту, отбирали от исходного и высушенного материала.

Начальная влажность карбоната кальция, поступающего в сушилку, не должна превышать 12,6 %, в циклон поступает продукт с влажностью не более 9 %, обычно же в трубе-сушилке карбонат высушивается до 2...1,3 % даже при начальной температуре воздуха t_n 170 °С. Так как начальная температура воздуха была перед циклоном 120...130 °С, то были проведены опыты по сушке в циклоне с продуктом влажностью 8,81...8,76 %. Оптимальной условной скоростью оказалась $v_{ц} = 4$ м/с, при этом снижение влажности достигало 4,07 % и уменьшалось при уменьшении $v_{ц}$ до 2,2 % даже при температуре воздуха 130 °С.

Опыты показали, что в трубе-сушилке карбонат кальция должен высушиваться до влажности $W_k = 2$ %, тогда после циклона W_k будет меньше 0,16 %, при этом $v_{ц}$ должна быть 4 м/с. Карбонат кальция не разлагается, поэтому температуру газа на входе в трубу-сушилку можно повышать до 700...600 °С, при этом на расстоянии от места загрузки – 0,5...1 м температура снижается почти

в два раза, а частицы меньше 100 мкм высушиваются до нулевой влажности. Также при проведении опытов по сушке в трубе-сушилке и циклоне было установлено, что при температуре воздуха после циклона выше 100 °С продукт получают с влажностью не более 0,1 %. Результаты опытов приведены в таблице.

Условия и результаты проведения опытов по сушке карбоната кальция в циклоне

Производительность по загружаемому продукту, кг/ч	Начальная влажность W_n , %	Конечная влажность W_k , %	Изменение влажности $W_n - W_k$, %	Расход воздуха, м ³ /ч	Начальная температура воздуха, °С	Конечная температура воздуха, °С	Условная скорость воздуха в циклоне $v_{ц}$, м/с
22,20	8,77	5,11	3,66	113,10	120	60	4,00
39,90	8,80	5,15	3,65	113,10	120	60	4,00
19,36	8,76	4,69	4,07	113,10	120	60	4,00
28,13	8,77	5,41	3,36	84,82	130	65	3,00
11,47	8,77	5,49	3,28	84,82	120	65	3,00
13,90	8,77	5,56	3,21	84,82	120	65	3,00
9,21	8,81	5,28	3,53	56,55	120	70	2,00
7,62	8,76	5,59	3,17	56,55	120	70	2,00
6,89	8,76	4,96	3,80	56,55	130	70	2,00
11,84	8,76	6,56	2,20	46,80	130	75	1,66
10,94	8,76	6,04	2,72	46,80	130	75	1,66
7,21	5,12	3,01	2,11	113,10	130	75	4,00
6,84	3,05	1,02	2,03	113,10	130	75	4,00
6,23	2,06	0,11	1,95	113,10	130	80	4,00
6,01	2,03	0,08	1,95	113,10	130	80	4,00

Таким образом, при проектировании труб-сушилок, особенно при расчете длины трубы-сушилки, необходимо учитывать, что в циклоне также продолжается процесс сушки. С учетом досушки материала в циклоне, которая идет более интенсивно, чем в конце трубы-сушилки, из-за увеличения относительных скоростей, можно значительно сократить длину трубы-сушилки, а, следовательно, уменьшить расход металла, капитальные и энергетические затраты.

Библиографический список

1. Лисовая Г.К. Исследование сушки минеральных солей в пневматической трубе-сушилке / Г.К. Лисовая, К.Н. Шабалин // Химическая промышленность. 1969. № 11. С. 864–866.
2. Титов В.А. Исследование явления «перегрева» мелких фракций материала в трубе-сушилке / В.А. Титов, Г.И. Шишкин, Г.К. Лисовая, Ф.П. Заостровский, Л.В. Хохлова, И.И. Шишко // Известия вузов. Горный журнал. 1980. № 5. С. 116–120.
3. Гордон Г.М. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. М.: Металлургия, 1977. 456 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИГМЕНТА НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*Залесова О.Л., Рудой В.М., Соловьев А.С.,
УрФУ, vlmx@rambler.ru*

Электрохимические измерения весьма информативны и играют важную роль в определении коррозионной стойкости различных покрытий. Применительно к лакокрасочным покрытиям с непроводящими компонентами проведение поляризационных измерений на сплошных, неповрежденных покрытиях практически невозможно. Одним из возможных методов получения информации о свойствах таких покрытий в агрессивной среде, является выполнение импедансных измерений на покрытиях малой толщины.

Целью данной работы является исследование возможностей метода импедансной спектроскопии при оценке влияния объемной концентрации пигмента на свойства эпоксидного покрытия.

Объекты исследования и результаты эксперимента

В работе исследовали эпоксидные покрытия с разной степенью наполнения (0,00 %; 4,50 %; 9,60 %; 15,40 %; 22,07 %; 25,02 %; 29,82 %), нанесенные на стальные пластинки. В качестве наполнителя использован кварцевый песок. Толщина покрытий составляла 60-70 мкм. Расчетная критическая объемная концентрация равна 25,03 %.

Образцы с покрытием выдерживали в 3 % водном растворе NaCl в комнатных условиях от 1 до 4 суток. Измерение импеданса проводили ежедневно на приборе Solartron 1280C с использованием модуля анализатора частот, фиксируя изменение частотного спектра импеданса во времени, в интервале частот от 2 Гц до 20 кГц. Рабочим электродом была стальная пластина с нанесенным на неё покрытием, электродом сравнения – насыщенный хлоридсеребряный электрод, вспомогательным электродом – платиновая спираль. Результаты измерений обрабатывали с помощью программы ZView, получая удовлетворительное согласие между экспериментальным и подобранным с помощью эквивалентной схемы годографом.

Высокое сопротивление образцов существенно затрудняло проведение измерений. Несмотря на все меры по экранированию измерительной ячейки и развязки цепи питания, как измерительного прибора, так и подключенного к нему компьютера, при измерении образцов с большим сопротивлением, наблюдалась значительная зашумленность данных. Однако совокупность экспериментальных точек имела четкий геометрический рисунок, а рассчитанный на основе подобранной эквивалентной схемы годограф, хорошо аппроксимировал полученные результаты (рис. 1, 2).

Обращает на себя внимание то, что с увеличением содержания наполнителя существенно изменяется как форма годографа, так и значения импеданса. В отсутствие наполнителя и при его малом содержании и активная, и реактивная составляющие импеданса, как правило, выше.

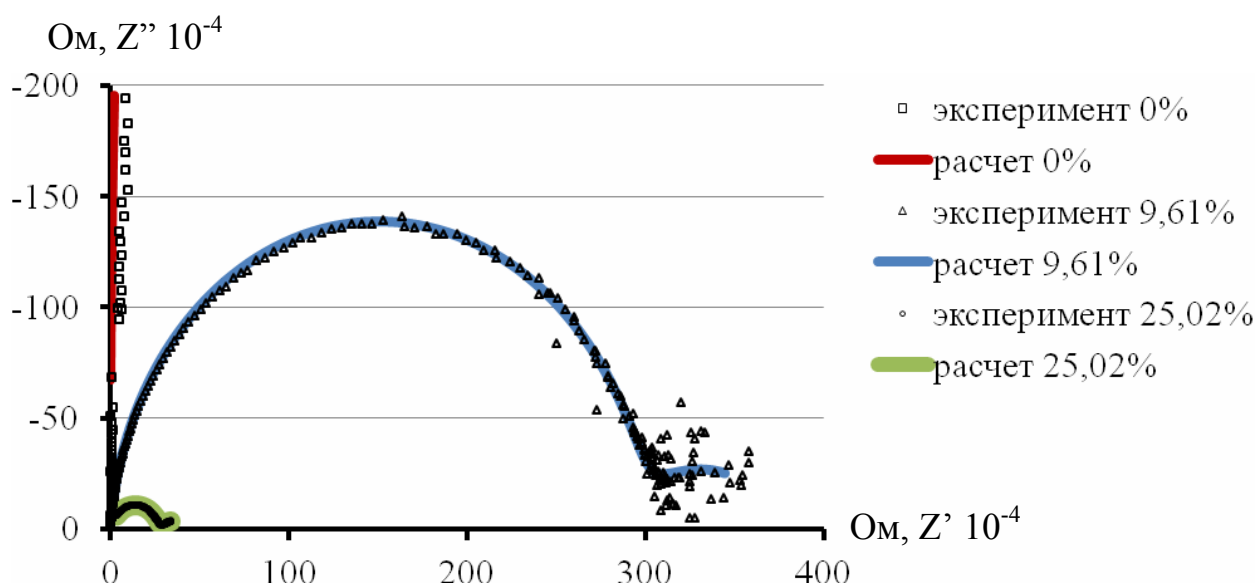


Рис. 1. Годографы образцов покрытий после выдержки в течение одних суток в зависимости от содержания наполнителя

У покрытий толщиной 60-70 мкм при отсутствии наполнителя и при малом его содержании изменение формы годографа в процессе выдержки в солевом растворе происходит в течение всего двух-трех суток. При большем наполнении изменение формы годографа не столь значительно – это справедливо при наполнении больше 4,5 %. В качестве примера приведены годографы (рис. 2) для образцов с содержанием наполнителя 4,50 % и 25,02 %. Как видно на рис. 2, форма годографа меняется от практически вертикальной линии, полученной после первых суток в растворе, до полуокружности, зафиксированной на вторые сутки (рис. 2а). При большем содержании наполнителя форма годографа почти не меняется, несколько уменьшаются значения импеданса, что связано с более глубоким проникновением электролита в покрытие (рис. 2б).

Таким образом, измеряемый импеданс оказался весьма чувствителен к составу композиционного покрытия. При надлежащем выборе толщины покрытия и времени выдержки в агрессивной среде, измерения можно проводить на образцах с очень высоким сопротивлением, для которых поляризационные измерения невозможны.

Для аналитического описания экспериментальных данных были использованы эквивалентные схемы двух типов, представленные на рис. 3.

Элемент постоянной фазы $Z_{CPE} = T \cdot (j\omega)^P$ включает два показателя T и P . Таким образом, при аппроксимации экспериментальных данных схемой а), требовалось найти три постоянных, а при использовании схемы б) – шесть. Значения подобранных с помощью программы ZView элементов, с соответствующими каждому звену индексами, представлены в таблице.

Как следует из приведенных рисунков, качество аппроксимации удовлетворительное.

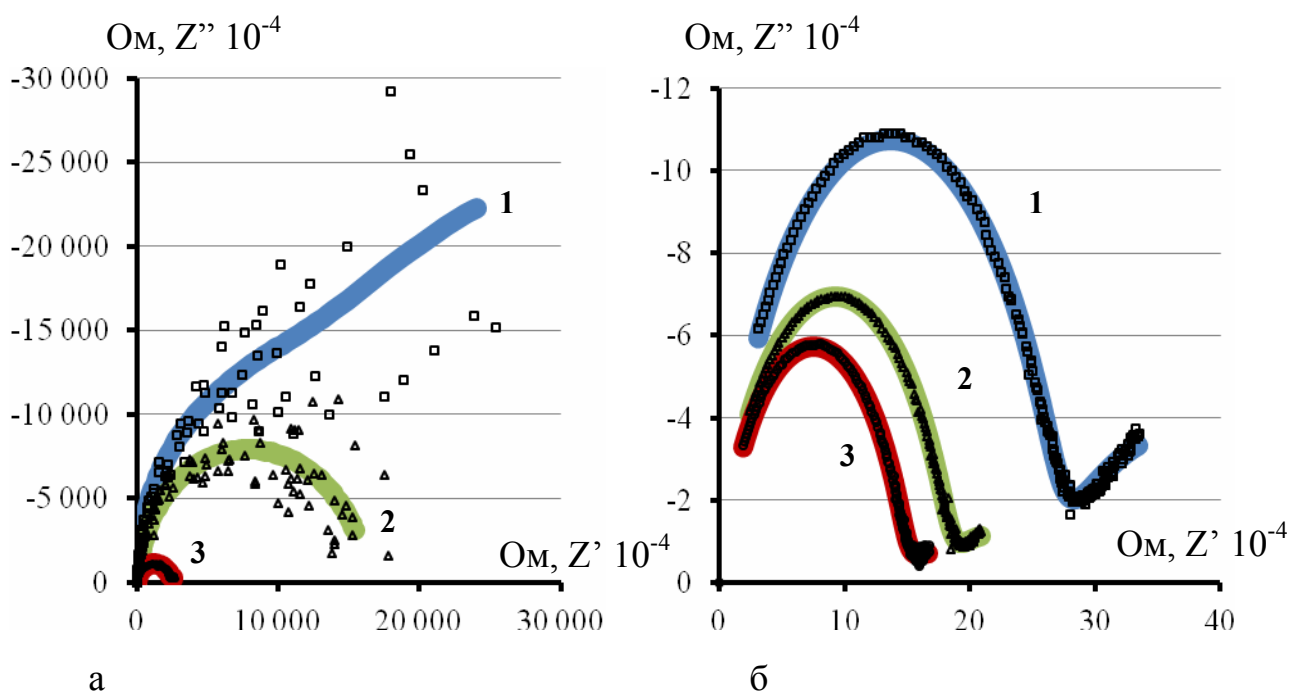


Рис. 2. Годографы образцов покрытий при выдержке в течение трех суток при содержании наполнителя: а) 4,50 %; б) 25,02 %, где 1; 2 и 3 – экспериментальный (\square ; \triangle ; \circ) и расчетный (\square ; \triangle ; \circ) годографы после 1; 2 и 3 суток соответственно



Рис. 3. Эквивалентные схемы для описания годографов импеданса покрытий: CPE – элемент постоянной фазы, R – активная составляющая импеданса

Значения элементов эквивалентных схем для годографов, представленных на рисунках 1 и 2

Элементы схем		0,00 %	4,50 %				9,61 %	25,02 %		
		1 сут	1 сут	2 сут	3 сут	1 сут	1 сут	2 сут	3 сут	3 сут
CPE1	T1	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$3,4 \cdot 10^{-10}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	
	P1	1,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,4	0,4	0,3	
R1		$1,2 \cdot 10^{+9}$	$5,8 \cdot 10^{+8}$	$1,2 \cdot 10^{+8}$	$6,4 \cdot 10^{+6}$	$7,8 \cdot 10^{+5}$	$2,0 \cdot 10^{+5}$	$7,2 \cdot 10^{+4}$	$5,1 \cdot 10^{+4}$	
CPE2	T2	-	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$6,2 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	
	P2	-	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	
R2		-	$1,1 \cdot 10^{+8}$	$4,6 \cdot 10^{+7}$	$2,3 \cdot 10^{+7}$	$3,0 \cdot 10^{+6}$	$2,6 \cdot 10^{+5}$	$1,8 \cdot 10^{+5}$	$1,4 \cdot 10^{+5}$	

Обобщая результаты исследования, следует отметить, что электрохимический метод позволит оптимизировать состав композиции, снизить энергозатраты и увеличить срок эксплуатации покрытия.

Работа выполнена при поддержке РФ ФИ, проект № 11-03-00226а.

ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЯНЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Земцова Ю.А., Кирсанов Ю.Г.
УрФУ, e-mail: htl1@mail.ustu.ru*

Углеграфитовые материалы широко используются в различных областях техники и отраслях народного хозяйства. Это объясняется их специфическими, часто уникальными свойствами.

Производство углеграфитовых материалов связано с использованием различных углеродных наполнителей и связующих веществ. Выбор наполнителей и связующих веществ в значительной мере определяется требованиями потребителей к свойствам и качественным показателям готовой продукции.

Основным видом связующего, используемого в России в производстве электродной продукции, анодов для получения алюминия, является каменноугольный пек с температурой размягчения 65...90 °С.

Синтетические связующие (фенолоформальдегидные, фурановые и др. смолы), в силу их высокой стоимости, используются в производстве конструкционных материалов, некоторых видов электроугольных изделий.

Нефтяные пеки и в отдельных случаях синтетические связующие (фенолоформальдегидные, фурановые и др. смолы). Все они имеют свои достоинства и недостатки.

Связующие вещества должны обладать двумя важными свойствами – спекающей способностью и вяжущей способностью. Спекающая способность связующего определяет прочностные свойства изделий после стадий обжига и графитации, а вяжущая способность – формуемость массы после смешивания. Эти свойства связующего учитываются при выборе технологических стадий и дополнительных приемов в производстве различных видов готовой продукции.

Каменноугольный пек характеризуется высокой спекающей способностью, ему присущи существенные недостатки. Прежде всего, высокая канцерогенная активность и нестабильность свойств, связанная с нестабильностью сырьевой базы для производства кокса, высокая термическая чувствительность.

Следовательно, поиск и разработка новых видов связующих для замены каменноугольного пека в производстве углеграфитовых материалов является актуальной задачей.

Надежной сырьевой базой для производства связующих веществ являются тяжелые нефтяные остатки процессов переработки нефти. Важным преимуществом нефтяных связующих является их значительно (в 50–100 раз) меньшая канцерогенная активность, чем каменноугольного пека. В первую очередь для этой цели должны быть использованы высоко ароматизированные остатки вторичного происхождения: дистиллятные крекинг-остатки, асфальты деасфальтизации, экстракты фенольной очистки, тяжелые смолы процесса пиролиза.

Опыт опробования вакуум – отогнанных крекинг – остатков дистиллятного сырья в качестве заменителей каменноугольного пека для брикетирования топлив, частичного брикетирования угольной шихты в производстве металлургии

ческого кокса, а также в производстве анодной массы подтверждает возможность получения перспективных нефтяных связующих веществ.

Нефтяные связующие по своему групповому химическому составу, физико-химическим свойствам существенно отличаются от каменноугольных пеков [1]. При сопоставлении группового химического состава нефтяных и каменноугольных пеков необходимо отметить резкое отличие в содержании α – фракции (следы или отсутствует), γ – фракция нефтяных связующих может составлять до $\sim 70\%$, в то время как в каменноугольных связующих $\sim 30\%$.

Резкие различия в групповом химическом составе делают необходимым исследование их влияния на спекающую способность и реологические свойства нефтяных связующих, которые определяют их технологическую пригодность для производства углеграфитовых материалов [2-4].

Управление групповым химическим составом связующих можно осуществлять выбором сырья и способом его обработки. Принципиально возможными способами получения связующих являются: вакуумная отгонка, термообработка, окислительная конденсация – продувка воздухом, компаундирование.

Нами выполнены лабораторные исследования с целью оценки влияния способа обработки исходного сырья (крекинг-остатка дистиллятного сырья) на основные показатели полученных образцов связующих: температуру размягчения по кольцу и шару (КиШ), выход коксового остатка, которые характеризуют их спекающую и вяжущую способности. Результаты исследований представлены в таблице.

Лабораторные исследования проводились на установках с дефлегмацией паровой фазы и отбором низкокипящих компонентов.

Зависимость группового химического состава от способа обработки сырья

Показатели	Исходный крекинг-остаток	Окисленный воздухом крекинг-остаток		Термообработанный крекинг-остаток		Вакуум – отогнанный крекинг-остаток	
Температура размягчения по КиШ, °С	38	50,5	72	53	68	69	53
Коксовый остаток, %	14,67	19,53	24,23	26,50	31,91	29,28	24,0
Групповой состав, %							
α фракция	–	–	0,76	6,10	9,95	4,65	2,82
β фракция	8,94	16,54	25,48	18,33	23,78	23,72	18,23
γ фракция:	91,06	83,46	73,76	75,57	66,27	71,62	78,95
– масла	61,72	44,73	44,44	52,47	43,69	48,79	52,65
– смолы	29,34	38,73	29,32	21,30	22,58	22,83	26,30
Состав масел:							
парафино-нафтеновые	13,60	4,73	7,05	4,05	5,38	5,00	5,40
легкая аром.	3,70	4,07	3,65	3,05	2,22	3,05	4,60
средняя аром.	4,50	6,40	3,75	3,00	2,20	3,15	4,50
тяжелая аром.	48,86	46,07	56,23	64,80	67,622	65,97	59,20

Анализ полученных данных показывает, что при всех трех способах получения связующих, наряду с увеличением содержания наиболее конденсированных групп (β -фракция, тяжелые ароматические углеводороды) происходит уменьшение содержания парафино-нафтеновых углеводородов, более богатых водородом, что благоприятно сказывается на повышении спекающей способности связующих и их вяжущих свойствах.

При атмосферной и вакуумной обработке исходного сырья задача уменьшения содержания обогащенных водородом фракций и увеличение содержания тяжелых ароматических углеводородов осуществляется более эффективно, чем при обработке воздухом.

Для образцов связующих, незначительно отличающихся температурами размягчения, более высокие спекающие свойства характерны для образцов, полученных термообработкой под атмосферным давлением.

В тех случаях, когда не предъявляются повышенные требования к спекающей способности связующих, их получение может осуществляться термоконденсацией сырья под вакуумом или окислением кислородом воздуха.

При необходимости получения связующих с повышенной спекающей способностью предпочтение следует отдавать термоконденсации сырья при атмосферном давлении.

Библиографический список

1. Применение нефтяного связующего в производстве электроугольных изделий / И.С. Левин, Н.Т. Маршук, Н.Т. Ивлев и др. // Химия твердого топлива. 1973. № 6. С. 114-120.
2. Ильина М.Н. Исследование и разработка технологии производства нефтяных пропитывающих материалов для электродных изделий на основе пиролизных смол: Автореф. дисс. канд. техн. наук. Свердловск, 1972. 33 с.
3. Получение и применение нефтяных пеков / З.И. Сюняев, Л.В. Долматов, Р.Н. Гимаев // Цветные металлы. 1993. № 7. С. 27-30.
4. Левин И.С., Белик Т.М., Барнякова Т.А. и др. О критериях качества электродных связующих // Химия твердого топлива. 1972. № 5. С. 99-105.

ПРОИЗВОДСТВО СЕРНЫХ БЕТОНОВ И УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

*Койтеева М.Г. , Карпова Т.С.², Герасимова Е.С.¹,
Владимирова Е.В.^{1,2}, Васильев В.Г.^{1,2}*
¹УрФУ, ²Институт химии твердого тела УрО РАН
e-mail: Geoma2006@yandex.ru

Промышленность строительных материалов относится к числу наиболее материалоемких отраслей промышленности. Учитывая, что многие минеральные и органические отходы по своему химическому составу и техническим свойствам близки к природному сырью, а во многих случаях имеют и ряд пре-

имущества (предварительная термическая обработка, повышенная дисперсность и др.), применение в производстве строительных материалов промышленных отходов является одним из основных направлений снижения материалоемкости этого массового многотоннажного производства. Снижение объемов разрабатываемого природного сырья и утилизация отходов существующих производств имеет существенное экономико-экологическое значение [1]. В ряде случаев применение сырья из отходов промышленных предприятий практически полностью удовлетворяет потребности отрасли в природных ресурсах.

В данной работе рассматривается возможность использования промышленных отходов – шламов водоподготовки в качестве наполнителей при производстве серных бетонов.

Серный бетон – это композиционный материал, к основным преимуществам которого, в первую очередь, относятся: быстрый набор прочности, связанный только с периодом остывания серобетонной смеси, высокая прочность, химическая стойкость к ряду агрессивных продуктов, низкое водопоглощение и, соответственно, высокая морозостойкость.

Область применения серных бетонов очень широка: от облицовочной плитки и распыляющихся красок до наливных полов и дорожных покрытий. К сожалению, в нашей стране серу строители используют очень редко, несмотря на ее огромные ресурсы и невысокую стоимость. Ограничивающим фактором является недостаток наработок в данной области [2].

В состав серных бетонов входит серное вяжущее, инертные заполнители, наполнители и модификаторы. Спектр инертных наполнителей и заполнителей довольно широк. В этом качестве могут применяться щебень, песок, гравий, металлургические шлаки и прочие породы, применяемые для традиционного бетона.

Технология серных бетонов такова, что приготовление смеси и формовку изделий производят в горячем состоянии при температуре 130-150 °С. Твердение смеси – это физический процесс, и происходит он в результате снижения температуры, сопровождается кристаллизацией серы на поверхности инертных заполнителей и наполнителей, приводящей к цементации всех составляющих в монолитную структуру. В зависимости от вида, фракционного состава и массовой доли наполнителей физико-механические свойства серного бетона могут значительно изменяться.

В данной исследовательской работе для приготовления серного бетона в качестве мелкого заполнителя использовали местный материал – песок речной фракционированный с максимальной крупностью зерен 1,2 мм.

В качестве наполнителей применяли шламы водоподготовки. На предприятии МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга имеется объект хранения отходов сроком более трех лет – шламонакопитель. Мощность данного объекта – 144 тыс. м³/год или 151 тыс. т/год. В настоящее время там накоплено более 420 тонн шлама и остро стоит проблема его утилизации. Использование шлама в качестве наполнителя в серных бетонах внесет значительный вклад в решение этой проблемы.

Цель работы заключалась в подборе оптимального состава для серного бетона, обеспечивая при этом максимальные прочностные характеристики. В соответствии с целью было изготовлено несколько серий образцов, первые из которых были на основе серного вяжущего (расплавленного при $t=132-141\text{ }^{\circ}\text{C}$) и инертного заполнителя – песка (в различным процентных соотношениях). В состав последующих образцов вводили наполнитель – шлам водоподготовки, замещаая данным видом сырья часть песка.

Прочностные свойства образцов определяли через 24 часа после твердения образцов по стандартным методикам. Анализ результатов показал, что прочность образцов зависит от содержания серы, причем зависимость экстремальная и максимум свойств приходится на содержание серы 30 %. При замещении части песка на шлам водоподготовки прочностные свойства увеличиваются.

Применение в качестве исходного сырья техногенных отходов во многом способствует решению экологической проблемы утилизации отходов промышленности, с одной стороны, и значительно удешевляет процесс получения стойких и долговечных материалов. Кроме того, применение серы в качестве вяжущего позволяет получить плотную структуру с контактным расположением заполнителя, когда его зёрна соприкасаются через тонкую прослойку затвердевшей серы. Высокая удельная поверхность шламов позволяет сделать предположение о целесообразности использования их в качестве активных наполнителей с целью повышения прочности данного материала. Таким образом, полученный серный бетон обладает высокой прочностью, стойкостью к действию агрессивных сред, низким водопоглощением, высокой морозостойкостью, что позволяет использовать его в различных областях строительства.

Библиографический список

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Учебно-справочное пособие. М.:Феникс, 2007.
2. Васильев В.Г., Владимирова Е.В., Чистякова Т.С., Герасимова Е.С., Медведева Д.С. Агеева Е.С. Влияние добавки наноразмерного Al_2O_3 на свойства серобетона. Международная научно-практическая конференция: научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов. XIX научные чтения. Сборник докладов. В 2 ч. Белгород. 2010. С. 84-86.

СУЛЬФАТНАЯ АКТИВАЦИЯ ШЛАКОВ ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

*Кочнева А.А., Новоселова М.С., Уфимцев В.М.
УрФУ, e-mail: uvm38@mail.ru*

Металлургические шлаки традиционно широко применяются в качестве вяжущего в строительных технологиях. Чаще всего они включаются в состав клинкерных цементов. В указанном варианте они обеспечивают экономию цементного клинкера, поскольку шлаки, особенно основные, содержат значитель-

ную долю силикатов и алюминатов кальция – аналогов клинкерных минералов. Реже на основе шлака получают вяжущее, обычно низкомарочное, применяемое в составе кладочных и отделочных растворов. Их применение также обеспечивает снижение затрат. Дополнительный эффект от их утилизации связан с исключением затрат на удаление и складирование шлаков.

На текущий момент отечественная металлургия в процессе модернизации переходит к дуговой плавке в электрических сталеплавильных печах, что значительно повышает качественные характеристики металла и одновременно снижает энергопотребление процесса. При этом на 1 т металла образуется до 100 кг шлака, часть которого представлена дисперсным продуктом. Диспергирование шлака вызывается фазовыми превращениями двухкальциевого силиката и является косвенным подтверждением высокого содержания извести в шлаке.

Изучали возможность повышения активности диспергированного шлака добавками сульфата кальция. Использовали дигидрат сульфата кальция (гипс) и безводный сульфат – ангидрит в виде отхода производства фтористых солей фторангидрита, который содержит примеси фтора и фосфора. В табл. 1 приведены составы шлаков и добавок.

Таблица 1

Химический состав шлаков и добавок

Шлаки и добавки	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Δm _{пр.}
Шлак 1	15,3	12,6	6,1	58,4	7,2	–	–
Шлак 2	15,6	19,4	2,1	51,4	9,7	1,8	–
Гипс	0,1	0,3	0,4	37,3	2,3	40,4	19,2
Фторангидрит	3,5	4,4	2,0	37,5	0,5	45,8	6,2

Для всех вяжущих, в т.ч. и шлаковых, весьма важен показатель дисперсности. В табл. 2 приведены результаты рассева исходных шлаков на мелких ситах.

Таблица 2

Зерновой состав исходных шлаков

Фракции, мм	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,5	0,08-0,1	-0,08
Шлак 1, %	11,2	11,9	13,3	14,5	49,1
Шлак 2, %	6,9	8,0	5,4	3,5	76,2

Из представленного следует, что дисперсность исходных шлаков недостаточна, и они нуждаются в доизмельчении, которое осуществляли в лабораторной мельнице при соотношении мелющие-материал, равном 1:5. При этом для понижения водопотребности в минеральную смесь дополнительно, свыше 100 %, вводили 1 % суперпластификатора С-3. После помола шлаков остаток на сите 008 составлял 3 и 5 %.

Испытание вяжущих свойств шлакосульфатных композиций осуществляли на малых образцах-цилиндрах диаметром 28 и высотой 25 мм, для получения которых использовали пластиковые кольца соответствующего размера с разрезом по образующей. Кромки разреза фиксировались в сомкнутом состоянии посредством резинового кольца. В случае расширения образца по размеру щели, образующейся на форме, можно оценивать уровень увеличения его объема. Важно, что такая конструкция формы гарантирует возможность извлечения образца из формы независимо от того, как изменяется его объем при твердении. Пластиковые формы помещались на стеклянную подложку и смазывались изнутри автолом.

Подвижность теста при его заливке в форму соответствовала расплыву лепешки на вискозиметре АзНИИ 15-16 см. Сроки схватывания композиции определялись посредством надреза поверхности одного из заформованных образцов тонким лезвием. За начало схватывания принимали интервал времени от момента затворения композиции до момента, когда разрез на поверхности образца сохраняется частично, а конец схватывания соответствует полному сохранению разреза. Образцы твердели в нормальных условиях над водной поверхностью в эксикаторе.

В табл. 3 приведены составы и свойства шлаковых вяжущих, активизированных сульфатами.

Таблица 3

Состав и свойства шлакосульфатных композиций

№	Состав композиции, масс. %				В/В	Интервал схват. мин.	R _{сж} , МПа 7сут.
	Шлак	%	Сульфатная добавка	%			
1*	Шлак 1	100	—	—	0,38	1-2	1,6
2	Шлак 1	100	—	—	0,30	1<	—
3	Шлак 1	90	дигидрат	10	0,30	1-2	7,6
4	Шлак 1	80	дигидрат	20	0,30	1-2	28,5
5	Шлак 1	90	фторагидрит	10	0,30	1-2	19,2
6	Шлак 1	50	фторангидрит	50	0,30	2-3	27,9
7**	Шлак 1	70	фторагидрит	30	0,30	2-3	28,2
8*	Шлак 2	100	—	—	0,37	25-30	2,3
9	Шлак 2	100	—	—	0,37	25-30	17,6
10	Шлак 2	90	фторангидрит	10	0,36	25-30	27,1
11	Шлак 2	90	дигидрат	10	0,35	25-30	16,6

R_{сж}, МПа 7сут. — прочность образцов на сжатие; * — шлак немолотый; ** — 35 % немолотого и 35 % молотого шлака.

Шлакосульфатные композиции получали путем тщательного перемешивания в пластиковой емкости предварительно отдозированных шлака и сульфатной добавки.

Из представленного следует, что доизмельчение шлака значительно повышает вяжущий потенциал, особенно в присутствии 1 %-й добавки суперпластификатора. Прочность активированного шлака в сравнении с исходным возрастает в 3-5 раз.

Шлак 1 имеет сокращенный интервал схватывания, что исключает его применение без добавок – замедлителей отверждения. Так, состав 2 с минимальным интервалом схватывания оказалось невозможно заформовать. К сожалению, сульфатные добавки, эффективно замедляющие твердение клинкерных вяжущих, в шлаковых композициях не столь эффективны. Указанное диктует необходимость изыскания новых видов замедлителей.

Шлак 2 имеет достаточно продолжительный интервал схватывания. Несомненно, что столь значительные отличия шлаков по данному важному технологическому показателю обусловлены фазовыми отличиями их составов.

Для сульфатной активации в равной степени пригодны как дигидратный, так и ангидритный сульфат кальция. Количество активизатора в композиции может достигать 30 % (состав 7), 50 % (состав 6). При этом допустимо разбавлять молотый шлак немолотым (состав 7). В указанном случае снижение в композиции доли активного дисперсного компонента компенсируется, вероятно, уплотнением структуры гидратного камня за счет снижения его межзерновой пустотности.

Полученные результаты демонстрируют способность дисперсных шлаков, получаемых электроплавкой, к сульфатной активации. Свойства такого рода композиций определяются фазовым составом шлака, его дисперсностью, видом сульфатной добавки и ее долей в составе. Экспериментально установлена возможность 3-5-кратного повышения прочности образцов путем сульфатного воздействия на исходный шлак.

Резервом дальнейшего повышения прочности шлакосульфатных вяжущих, по нашему мнению, является оптимизация их состава по виду добавки и ее количеству в общем объеме. Научный и практический интерес представляет выявление и нейтрализация факторов, обуславливающих ускоренное схватывание шлакосульфатного теста. Отдельной проблемой таких вяжущих следует считать подбор эффективных и доступных замедлителей их твердения.

Библиографический список

1. Будников П.П., Значко-Яворский И.Л. Гранулированные доменные шлаки и шлаковые цементы. М: Государственное издательство по строительным материалам, 1953. 224 с.
2. Уфимцев В.М., Толмачев А.Ю., Коробейников А.Л. Шлакосульфатные вяжущие композиции // Инновационные материалы и технологии: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Белгор. гос. технол. ун-т). Белгород: БГТУ, 2011. Ч. 2. С. 318-322.

УТЕПЛИТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Кудренко А.С., Альбаева И.И., Феськова М.Ю., Власова С.Г.
УрФУ, e-mail: vlassvet@k66.ru*

С ноября 2009 г. вступил в силу Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», одним из направлений которого стал вопрос об управлении энергоэффективностью зданий, строений, сооружений. На государственном уровне устанавливается целый ряд требований, таких как: показатели энергоэффективности для объекта в целом; для архитектурно-планировочных решений; для элементов объекта и конструкций, а также материалов и технологий, применяемых при капитальном ремонте. В состав проектной документации на строительство должен быть включен раздел энергоэффективности. Собственники зданий, строений, сооружений в течение всего срока их эксплуатации обязаны не только обеспечивать установленные показатели энергоэффективности, но и проводить мероприятия по их повышению. Остро встает вопрос производства высококачественной тепловой изоляции, отвечающей требованиям пожаробезопасности, практичности, экологичности и, главное, изготовление материала должно быть экономически выгодно.

На практике теплоизоляционные материалы принято делить на три группы по виду основного исходного сырья: органические, неорганические, смешанные.

Главный недостаток органических – низкая огнестойкость, при их горении выделяются вредные химические вещества, ядовитые для человека. В перспективе использование этих материалов в строительстве должно быть сведено к минимуму.

Неорганические – минеральная вата имеет низкие прочностные характеристики, повышенное водопоглощение, возникают трудности при монтаже (необходимы специальные защитные средства); в технологии изготовления теплоизоляционных материалов из ваты используют органические смолы.

Перспективным материалом в строительстве, не обладающим перечисленными недостатками, является пеностекло. Оно имеет упорядоченную структуру, низкое водопоглощение и малое значение объемной массы при относительно высокой прочности.

Целью данной исследовательской работы является изучение возможности использования боя листового стекла для получения теплоизоляционного пеностекла с применением углеродного газообразователя – тонкодисперсной сажи.

Шихта для получения пеностекла готовилась следующим образом. Производили помол стекольного порошка в мельнице до нужной степени измельчения (размер зерен до 0,63 мм), затем смешивали со вспенивателем – сажой (высокодисперсный углеродистый материал, который образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов, содержащихся в природных или промышленных газах) до получения однородной массы. Для поддержания определенной атмосферы в печи и для лучшего вспенивания в шихту

добавлен оксид сурьмы, с целью повышения концентрации активного кислорода, необходимого для окисления газообразователя, при этом формировалась более мелкодисперсная ячеистая структура. После засыпки в форму поверхность шихты разравнивается, форма устанавливается в печь и нагревается со скоростью $10,5 - 13,3$ $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в течение $60 - 85$ минут до температуры вспенивания от 850 до 950 $^{\circ}\text{C}$, затем выдержка 20 мин. при максимальной температуре и резкое охлаждение образца в течение 5 мин. Отжигали образцы при $600-650$ $^{\circ}\text{C}$ в течение $20-30$ мин.

Было получено более двух десятков образцов, каждый с соответствующей температурой вспенивания, скоростью нагрева, температурой отжига и определенным содержанием газообразователя (от 1 до 5 масс. %).

Определяя физико-химические свойства полученного пористого материала, были получены следующие результаты.

1 Экспериментальные значения основных свойств пеностекла лежат в допустимых пределах:

- а) объемная масса – $180-350$ $\text{кг}/\text{м}^3$;
- б) водопоглощение – до 8 %;
- в) теплопроводность – $0,07-0,11$ $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$;
- г) прочность при сжатии меняется в пределах $0,8-1,7$ МПа;

2. Пеностекло, полученное на основе листового прозрачного боя и с содержанием сажи $1,5-2$ %, является хорошим теплоизоляционным материалом (водопоглощение соответствует рекомендуемым значениям, объемная масса изменяется от 180 до 231 $\text{кг}/\text{м}^3$ при достаточной прочности).

3. Оптимальный температурный режим вспенивания: $T_{\text{всп}} = 920$ $^{\circ}\text{C}$, скорость нагрева $12,2$ $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, отжиг при $T_{\text{отж}} = 600$ $^{\circ}\text{C}$ в течение 20 мин; такие образцы имеют самую малую объемную массу.

Использование отходов стекольного производства позволит выйти промышленности строительных материалов на новый уровень ресурсо- и энергосбережения. Использование в качестве вспенивателя тонкодисперсной сажи позволяет получить теплоизоляционные материалы с замкнутыми порами, с заданными техническими и физическими характеристиками, которые соответствуют требуемым в строительстве. Таким образом, можно получить экологичный и пожаробезопасный материал.

Результаты исследований показали возможность использования стеклобоя для получения пеностекла в промышленных масштабах.

На кафедре технологии стекла УрФУ ведутся исследования по получению пеностекла в двух других направлениях: синтез пеностекла из стеклобоя с дешевыми добавками шлака и использование отходов при стекловарении для получения стекла-полуфабриката определенного состава, что благоприятно с точки зрения ресурсосбережения, снижения себестоимости продукта, а также утилизации отходов металлургической промышленности.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОМАГНИТНЫХ АППАРАТОВ В СИСТЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ

*Липатова К.С., Фасхутдинова Г.Р., Вахитова Р.И.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Отложения на стенках тепловых аппаратов осадка в виде твердого и трудноудаляемого слоя (накипи) из-за содержания в воде минеральных солей – наиболее распространенная проблема, с которой сталкиваются в промышленности и в быту. В результате уменьшения проходных сечений труб и уменьшения теплопроводности их стенок ухудшаются условия теплообмена. С течением времени энергетические потери могут возрастать до 60 %.

Проблемы, связанные с образованием накипи, решаются с использованием как химических, так и физических методов. Использование химического метода связано с высокими материальными затратами и проблемами утилизации используемых в процессе чистки реагентов. Из физических методов практическое применение получили магнитный, электромагнитный и ультразвуковой методы обработки воды. Магнитный метод нашел более широкое применение из-за его экономичности, надежности и доступности.

Принцип работы гидромагнитной системы (ГМС) основан на циклическом воздействии на воду, подаваемую в теплообменные аппараты, магнитным полем заданной конфигурации. Конструктивно ГМС состоят из корпуса на основе магнитного материала, служащего магнитопроводом, и магнитного элемента. Магнитный элемент представляет собой тонкостенную трубу из стали, внутри которой расположены ориентированные постоянные магниты и полюсные элементы. На концах трубы расположены конусные наконечники, снабженные центрирующими элементами. Магнитный элемент расположен внутри цилиндрического корпуса с кольцевым зазором.

Под действием магнитного поля в рабочем объеме изменяются физические свойства воды, протекающей через гидромагнитную систему, содержащиеся в ней силикаты, магниевые и кальциевые соли теряют способность формироваться в виде плотного камня и выделяются в виде легко удаляемого шлама. Кроме того, обработанная таким образом вода разбивает и удаляет уже отложившуюся накипь и препятствует в дальнейшем ее образованию.

ГМС могут быть установлены в промышленных условиях: в магистралях, подающих воду в водопроводные сети горячей и холодной воды в жилых домах, бойлерах, проточных водонагревателях, паровых и водяных котлах, в системах охлаждения различного технологического оборудования.

Гидромагнитная система применяется:

- для предотвращения накипи, в этом случае аппараты устанавливаются за несколько метров до теплообменника;
- для осветления воды (например, после хлорирования), в этом случае скорость осаждения примесей увеличивается в 3-4 раза;

– на линиях химводоподготовки перед фильтрами – фильтроцикл увеличивается в 1,5-2 раза;

– для очистки теплообменных аппаратов без химических реагентов.

Преимущества гидромагнитных систем ГМС:

- простота установки;
- отсутствие затрат на электроэнергию;
- отсутствие потребности в химикатах;
- отсутствие необходимости в остановке производства;
- срок эксплуатации магнитной системы не менее 10 лет;
- срок окупаемости не более 1 года;
- не наносит вреда окружающей среде.

Недостатки гидромагнитных систем ГМС:

- слабо устойчивы к перегреву (теряют свои полезные качества при температуре воды 110-120 °С);

- при хранении, обработанная магнитным способом вода, в какой-либо емкости в течение 3-5 дней требует повторной обработки;

- снижение эффективности: при высокой турбулентности потока, падении его давления и окислении;

- необходимость установки дополнительных устройств на нагнетающем патрубке насоса, в случаях: циркуляции холодной воды, циркуляции горячей воды, во вспомогательных станциях, в охладителях.

Гидромагнитная система ГМС обеспечивает:

- уменьшение образований твердых отложений;
- удаление существующей накипи;
- сокращение затрат на контроль и обслуживание до 40-50 %;
- увеличение срока службы оборудования на 30-60 %;
- улучшение теплопередачи более чем на 25 %;
- экономию моющих средств на 10 %.

В качестве объекта исследования была выбрана котельная № 2 ООО «Татнефть-ХимСервис». В ней установлены 2 котла ДКВР 2,5-13. КПД котлов составляет 90 %. Проведенный нами технико-экономический расчет показал, что КПД котельной установки увеличивается на 6 % при внедрении гидромагнитной системы марки ГМС-25 производительностью 4 м³/ч, соответственно расход топлива уменьшился с 662 тыс. м³ до 600 тыс. м³, т.е. если затраты на топливо составляли 2383,2 тыс. руб/год, то при работе с ГМС они составили 2160 тыс. руб/год. Расчетные капитальные вложения составили 8955 тыс. руб., срок окупаемости один год. Годовой экономический эффект составил 223,2 тыс. рублей.

Таким образом, использование гидромагнитной системы водоподготовки для котельных является эффективным решением проблемы и энергосбережения.

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ СТАЛИ

Лукиянова Е.А., Лазуткина О.Р.
УрФУ, e-mail: lor5454@mail.ru

Высокотемпературное окисление металла на стадиях металлургического передела приводит к существенным потерям металла и ухудшению его качества. Значительно уменьшить эти потери позволяет безокислительный нагрев металла в защитной среде или под пленкой расплава эмали.

В данном случае к расплаву эмали предъявляются следующие требования:

- он должен быть инертным по отношению к нагреваемому металлу;
- вязкость расплава должна быть небольшой;
- компоненты расплава не должны переходить в поверхностный слой металла;
- компоненты расплава не должны быть летучими;
- образовавшееся покрытие должно самопроизвольно осыпаться с поверхности металла после остывания.

Скорость окислительных процессов, протекающих на границе расплава с металлом, ограничена диффузионными затруднениями в расплаве [1], поэтому можно ожидать, что с уменьшением вязкости расплава его защитные свойства ухудшатся.

Стеклопокрытие на металле в процессе его горячей деформации одновременно с защитной функцией успешно выполняет роль смазки. Для использования стеклоэмали в качестве смазки ее вязкость при температуре деформации 1273 К должна быть не больше 100 дПа·с. Кроме того, застывшая эмаль должна осыпаться с металла при остывании, поэтому значения ТКЛР эмали следует задавать значительно ниже, чем ТКЛР стали, который составляет порядка $150 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹. С помощью разработанной ранее нами компьютерной программы подбора состава эмали по заданному значению ТКЛР для исследования была выбрана четверная система $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, в которой вязкость можно варьировать путем ввода оксидов CaO и SiO₂.

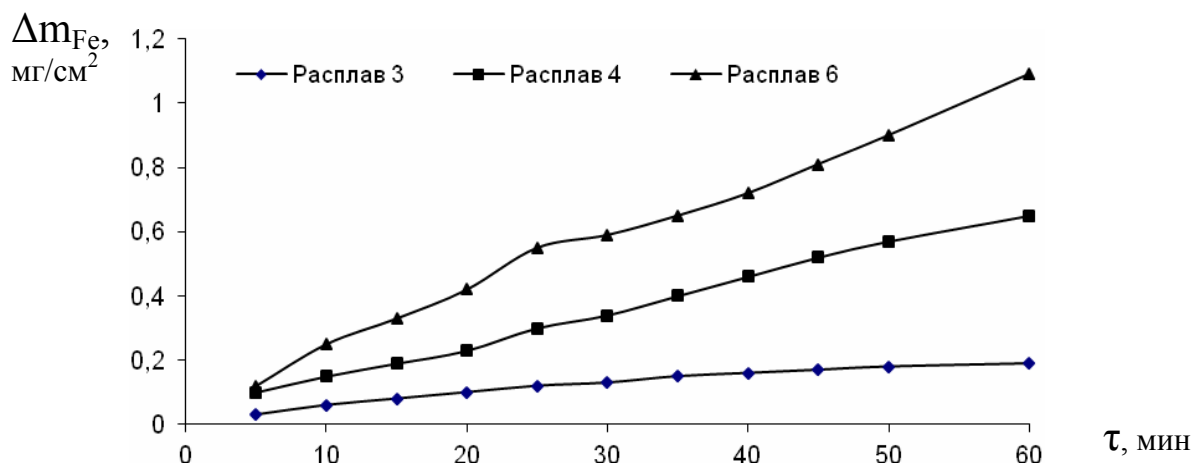
Таблица 1

Вязкость боросиликатных расплавов при 1273 К

Оп.	Содержание компонентов, мол. %				η , дПа·с	Защитные свойства
	Na ₂ O	CaO	B ₂ O ₃	SiO ₂		
1	10	-	60,0	30,0	136	Удовл.
2	5	5	60,0	30,0	293	Хор.
3	10	10	53,4	26,6	28	Хор.
4	15	15	70,0	—	8	Хор.
5	33	—	—	67,	1190	Хор.
6	—	—	40,2	26,8	50	Хор.

Для измерения вязкости расплавов использовали электроротационный вискозиметр с коаксиальными цилиндрами [2], защитные свойства расплавов оценивали визуально по степени потемнения эмали. Результаты исследований приведены в табл. 1. Хорошими защитными свойствами при достаточно низкой вязкости обладают составы 3, 4, 6.

Чтобы выбрать состав для применения в производственных условиях были подробно исследованы защитные свойства расплавов 3, 4, 6. Для исследования окисления стали Ст 10 в боросиликатных расплавах использовали гравиметрический метод [1] при продолжительности испытаний до 8 ч и метод непрерывного взвешивания на дериватографе при времени испытаний до 1 ч. Изменение массы образцов стали за 8 часов выдержки в расплавах 3, 4, 6 приведены на рисунке 6. Так как зависимость убыли массы от времени линейна, среднюю скорость окисления находим по тангенсу угла наклона прямой. Скорость окисления стали Ст 10 в расплавах 3, 4, 6 составляет, соответственно, 0,28; 0,71; 1,1 мг/см²·ч, вязкости этих же расплавов, измеренные при 1273 К, составляют, соответственно, 28; 8 и 50 дПа·с. Хотя вязкость расплава 3 ниже, чем у расплава 6, он обладает лучшими защитными свойствами. Вероятно, это связано с тем, что в данном расплаве содержание щелочного оксида значительно ниже.



Окисление стали Ст 10 в боросиликатном расплаве при 1273 К

Из сказанного следует важный для практики вывод, что при малой вязкости стеклоэмали и высоком содержании в ней Na₂O ее расплав не только не защищает поверхность стали от окисления на воздухе, но и способствует более интенсивному ее окислению. Полученные данные позволяют рекомендовать для использования в качестве стеклосмазок малощелочные эмали с невысокой вязкостью, такие как состав 3.

Для испытания антифрикционных свойств стеклоэмали была проведена прокатка полос стали 08КП на лабораторном стане в валках диаметром 200 мм под слоем стеклоэмали, составы которых приведены в табл. 2. Результаты опытной прокатки представлены в табл. 3.

Таблица 2

Состав стеклоэмали

№ компонент, мол. %	1	2	3	4	5	6	7	8
CaO	0,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	20,0	–
ZnO	–	–	–	–	–	–	–	12,5

Таблица 3

Результаты испытаний стеклоэмали

№ стекло-эмали	$V \cdot 10^{-3}$ при 1223 К, кг/м ² мин	Давление прокатки, Р мПа	Состояние поверхности полосы
1	11,2	205,09	Неудовлетворительное, крупная шероховатость, следы воздушной окалины
2	10,84	233,18	Удовлетворительное, мелкая шероховатость, отсутствие воздушной окалины
3	9,3	209,10	Удовлетворительное, мелкая шероховатость, отсутствие воздушной окалины
4	8,38	209,4	Удовлетворительное, мелкая шероховатость, отсутствие воздушной окалины
5	7,8	208,9	Неудовлетворительное, крупная шероховатость, следы закатов смазки
6,7	7,5; 7,44	215,33; 220,6	Неудовлетворительное, крупная шероховатость, следы закатов смазки
8	15,54	210,8	Удовлетворительное, мелкая шероховатость, отсутствие воздушной окалины

Как видно, стеклоэмали составов 2, 3 и 4 в 1,4-1,8 раз снижают скорость высокотемпературного окисления стали при сохранении антифрикционных свойств.

Оптимальным является содержание оксида кальция 4-6 мол. %, что соответствует составам 3 и 4, при которых скорость окисления минимальна и давление прокатки наименьшее. Полученные данные позволяют рекомендовать данные составы к применению при горячей прокатке малоуглеродистой стали.

Библиографический список

1. Лазуткина О.Р., Булер П.И. Высокотемпературные защитные свойства стеклоэмалевых покрытий на основе каменноугольной золы // Стекло и керамика. 2003. № 6. С. 15-16.
2. Филиппов С.И., Арсентьев П.П. Физико-химические методы исследования металлургических процессов. М.: Металлургия, 1968. С. 551.

ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ МАТЕРИАЛОВ И ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ОАО «ММК»

*Максимов А.А., Агапитов Е.Б.
Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, san_max777@mail.ru*

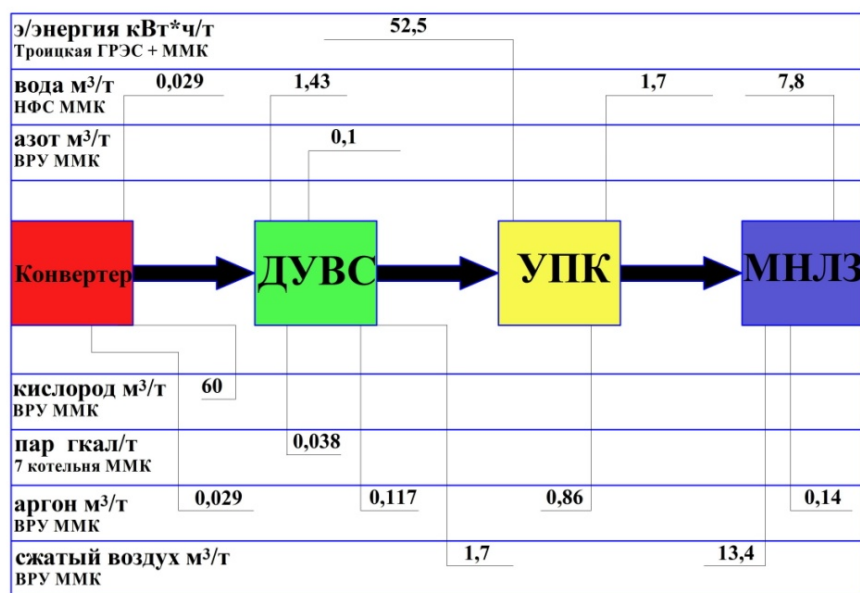
В настоящее время, как в России, так и за рубежом признано, что наиболее рациональной является технология конвертерного производства, предусматривающая:

- выплавку в конвертере металла с заданными температурой, содержанием углерода, фосфора и окисленностью;
- проведение в ковше операций рафинирования металла от вредных примесей, легирования, раскисления, доводки состава и температуры до заданных, т. е. получение методами внепечной обработки стали высокого качества любого сложного состава.

Результаты расчета энергозатрат, проведенного для кислородно-конвертерного цеха ОАО «ММК», представлены в таблице (УПК – установка печь-ковш, ДУВС – двухпозиционная установка вакуумирования стали, МНЛЗ – машина непрерывного литья заготовок).

Материалы	Расход	Энергетический эквивалент	Вклад в энергоёмкость
Вид	ед./т	кг у.т./ед.	кг у.т./т
УПК			
Электроэнергия, кВт·ч	52,5	0,422·5 % + 0,377·95 %	19,9
Вода, м ³	1,7	0,15	0,255
Аргон, м ³	0,86	1,3	1,105
ВСЕГО			21,26
ДУВС			
Аргон, м ³	0,117	1,3	0,1521
Азот, м ³	0,1	0,11	0,011
Пар, т	0,038	0,289	0,011
Вода, м ³	1,43	0,15	0,2145
Сжатый воздух, м ³	1,7	0,11	0,187
ВСЕГО			0,5756
КОНВЕРТЕР			
Кислород, м ³	60	0,42	25,2
Вода, м ³	0,029	0,15	0,0044
ВСЕГО			25,204
МНЛЗ			
Сжатый воздух, м ³	13,4	0,11	1,474
Вода, м ³	7,8	0,15	1,17
Аргон, м ³	0,14	1,3	0,182
ВСЕГО			2,826
ВСЕГО КОМПЛЕКСА			49,8656

Сопоставление удельных расходов энергоносителей, представленное на рисунке, показывает, что наиболее энергозатратным этапом конвертерного производства стали является установка печь-ковш.



Расходы материалов и энергоносителей на теплотехнологию

Вклад в энергоемкость УПК возможно сократить за счет замены дорогостоящей электроэнергии на более дешевый природный газ.

Техническим результатом является внедрение многорежимной фурмы для организации догрева расплава погружным факелом на смеси природного газа и воздуха, что в итоге позволит нам:

- минимизировать затраты на дорогостоящий источник энергии и его потерь во время технологического процесса и при транспортировке;
- упростить конструктивную схему агрегата, тем самым уменьшение капиталовложений на содержание оборудования и его ремонт, а также его дополнительного охлаждения;
- сократить расходы энергоносителя для дополнительного барботажа и интенсификации физико-химического процесса;
- достигнуть экологичности и безопасности.

Опыт подобных мероприятий в электросталеплавильном процессе показывает, что в расплав должна поступать уже подготовленная горючая смесь, поскольку перемешивание топлива с окислителем в расплаве затруднено. Несоблюдение этого условия приводит к тому, что газ сгорает уже после выхода на поверхность расплава. При этом тепловой КПД не превышает значений, достигаемых при обычном нагреве с поверхности. Пламя должно стабилизироваться по возможности ближе к соплу. Несоблюдение этого условия влечет за собой охлаждение участков расплава у основания струи.

Для исключения проскока пламени в горелку желательно применить тип горелок внутрисоплового смешения.

ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мифтахова Ю.А., Петрова Н.А.
УрФУ, e-mail: ivsh96@mail.ru

Водное хозяйство пивоваренных предприятий не находится в ряду самых водоемких отраслей промышленности, однако предъявляет достаточно высокие требования к ее качеству. Предприятия либо забирают воду из сети городского водопровода, либо используют ее в сочетании с подземной водой. Сточные воды после очистки сбрасываются в сеть городской хозяйственно-бытовой канализации или в близлежащий водоем.

В настоящее время перед всеми предприятиями, в том числе пищевой промышленности остро стоит вопрос об экономии воды. Совершенствование технологии производства, дефицит водных ресурсов, необходимость снижения потребления энергии на всех стадиях производства, повышение требований к степени очистки сточных поставили перед предприятиями задачи по созданию систем повторного использования воды, включающие достаточно глубокую очистку производственных сточных вод.

Для сточных вод пищевой, химико-фармацевтической, микробиологической, целлюлозно-бумажной и некоторых других отраслей промышленности, а также животноводства характерны высокие концентрации биологически легко разлагаемых органических загрязнений (БПК₅ 1000...10000 мг/л, в отдельных случаях до 80000 мг/л). Усредненный состав сточных вод пивоваренных предприятий приведен в таблице. Многие из этих стоков содержат ценные примеси, извлечение которых экономически оправдано. При высоком содержании органических загрязнений (более 1000 мг/л) или биостойких и биотоксичных веществ технология очистки сточных вод многостадийна и может включать анаэробную и аэробную биологическую очистку, физико-химическую доочистку и другие методы.

Состав сточных вод пивоваренных предприятий

Показатели	В среднем	Минимум	Максимум
рН	7,3	5,1	Выше 9,0
БПК ₅ , мг/л	611,3	1,0	8830
Окисляемость перманганатная, мг/л	380	21,6	4480
Взвешенные вещества, мг/л	303,6	0	5885
Сухой остаток, мг/л	913,7	280	13020

Некоторые сточные воды пищевой промышленности, животноводства, а также производства минеральных удобрений содержат азот в избытке по отношению к содержанию органического углерода. В таких случаях требуется биологическая очистка с удалением избытка азота из сточных вод нитрификацией и денитрификацией.

Сточные воды содержат сравнительно большое количество биогенных элементов: азота, фосфора и калия. Это имеет большое значение при их биологической очистке. Показатели, характеризующие загрязнения сточных вод, – окисляемость, БПК₅ и содержание взвешенных веществ – в среднем в два раза выше, чем в типичных городских стоках, но на отдельных предприятиях они могут быть несколько меньшими, а на других – в несколько раз большими.

Сточные воды пивоваренной промышленности подвергаются биологической очистке. Для очистки стоков с высокой концентрацией органических загрязнений наиболее экономична анаэробная очистка. Однако содержание загрязнений в воде, прошедшей только анаэробную очистку, можно понизить лишь до 200-300 мг/л (по ХПК). При этом органические соединения азота и фосфора минерализуются, в среде накапливаются ионы аммония и фосфаты. Сточные воды, обработанные анаэробным методом, должны подвергаться более глубокой, аэробной очистке. Поэтому современные схемы биологической очистки воды с высоким ХПК (>2000-3000 мг/л) предусматривают двухстадийный анаэробно-аэробный процесс удаления загрязнений. В таком процессе основная часть загрязнений удаляется высокопроизводительным анаэробным методом, а оставшаяся часть – аэробно- и на стадиях третичной очистки до требуемых норм. Стоки с высокой концентрацией направляются в анаэробный биореактор, где подвергаются биоконверсии; после анаэробного разложения остатки загрязнений, содержащиеся в иловой воде, окисляются аэробно в аэротенке или биофильтре. Анаэробно-аэробная схема позволяет уменьшить загрязненность вод на 98,0-99,8 %.

В условиях России проблемами анаэробной очистки пока еще остаются инициирование процесса брожения засевным илом, транспортировка больших масс засевного ила без потери его качеств и медленное нарастание массы гранул в реакторе, вводимом в эксплуатацию. Кроме того, ил должен быть адаптирован к спектру загрязнений стоков и содержать все необходимые группы микроорганизмов для обеспечения метаногенеза. В случае очистки сточных вод на предприятии с профилем выпускаемой продукции иным, чем для предприятия, с которого отбирается ил, проблема инокулирования реактора анаэробным илом может стать серьезной.

Данный метод очистки сточных вод с применением современных биореакторов получает все большее распространение на территории Российской Федерации. Использование подобных технологических процессов позволяет получать очищенную воду высокого качества, которая повторно используется в производстве.

Таким образом, значительно сокращается потребление свежей воды промышленным предприятием, снижаются затраты энергии на водоснабжение и водоотведение, решается актуальнейшая проблема нехватки технической воды высокого качества.

ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХТЕКУЧИХ ФОРСТЕРИТОВЫХ ШЛИКЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ДОБАВОК

Московских Н.Н., Земляной К.Г.

УрФУ, e-mail: mosia_86@mail.ru

Применение гидроразрыва пласта (ГРП) при нефтедобыче позволяет повысить степень извлечения нефти из несущей породы, что относится к ресурсосберегающим технологиям. Расклинивающим материалом при добыче нефти являются пропанты. Пропанты, использующиеся в ГРП, это порошки узких фракций с диаметром частиц от 0,2 до 2 мм, представляющих собой сферические гранулы, обладающие необходимой для применения на различных глубинах прочностью.

Одной из важнейших стадий технологического процесса в производстве пропантов является получение шликеров – прекурсоров для получения преспрессованного порошка, из которого готовятся пропанты. Повышение плотности и снижение влажности используемых шликеров на практике означает экономию электроэнергии на стадии смешения в мельницах и экономию природного газа на башенных распылительных сушилках. Чтобы обеспечить реологические свойства безглинистых шликеров, требуется использование комплексных добавок, обеспечивающих набор функциональных свойств.

Целью исследования было получение сверхтекучих шликеров с влажностью менее 35 % с применением ПАВ серии «Литопласт М». Данные разжижители представляют собой комплексы ПАВ на основе полиметиленнафталинсульфонатов. В основу управления структурно-механическими, реологическими и технологическими свойствами сырьевых материалов положена возможность изменения толщины сольватных оболочек вокруг гидратированных частиц. Процессы воздействия на структурно-механические свойства сырьевых компонентов базируются на явлениях ионного обмена.

В качестве исходных были использованы два образца шликера: форстеритовый и серпентинитовый. Работа по подбору разжижителя заключалась в добавлении к исходному шликеру заданного количества добавки и определение его свойств (табл. 1).

Таблица 1

Влияние вида и концентрации разжижителя на вязкость шликера

Наименование добавки	Серпентинитовый шликер		Форстеритовый шликер	
	Количество добавки, %	Вязкость, с	Количество добавки, %	Вязкость, с
обр 1	1,00	32	0,10	50
	—	—	0,20	48
	—	—	0,30	49
	—	—	0,50	45
обр 2	1,00	32	0,10	48
	—	—	0,20	48,5
	—	—	0,30	49
	—	—	0,50	56
обр 3	1,00	30	0,10	49

Наименование добавки	Серпентинитовый шликер		Форстеритовый шликер	
	Количество добавки, %	Вязкость, с	Количество добавки, %	Вязкость, с
	—	—	0,20	45
	—	—	0,30	38
	—	—	0,50	39
обр 4	0,50	30	0,10	45
	—	—	0,20	38
	—	—	0,30	35
	—	—	0,50	36
обр 5	0,50	28	0,10	45
	—	—	0,20	42
	—	—	0,30	40
	—	—	0,50	38

В данный момент для разжижения используются фосфаты, поэтому следующим этапом исследования стало создание комплекса фосфата и литопластов (табл. 2).

По результатам этой работы было установлено, что использование комплексных добавок на основе разжижителей серии «Литопласт М» позволяет понизить влажность шликера на 11-12 % с сохранением его реологических свойств соответствующих требованиям ТД.

Таблица 2

Влияние комплексных добавок на вязкость шликера

Наименование добавки	Количество добавки, %	Вязкость, с
обр 4/ фосфаты	0,05/0,03	39
обр 4/ фосфаты	0,1/0,03	37
обр 4/ фосфаты	0,3/0,03	33
обр 4/ фосфаты	0,5/0,03	31
обр 5 / фосфаты	0,05/0,03	39,75
обр 5 / фосфаты	0,1/0,03	37
обр 5 / фосфаты	0,3/0,03	35
обр 5 / фосфаты	0,5/0,03	33

Разработанные составы комплексных добавок предложены для опытно-промышленных испытаний в условиях завода. Результаты работы подтверждаются также и по экономическим показателям:

Исходная влажность 36-38 %	→	35% (↓ на 11-12 %)
Расход газа на БРС 250 м ³ /ч	→	250 м ³ /ч (↓ на 54,7 м ³ /ч)
Производительность по сухому 3,2 т/ч	→	3,9 т/ч (↑ на 22 %)
Производительность по воде 2 т/ч	→	1,3 т/ч (↓ на 65 %)
Производительность по исходному 5,2 т/ч	→	не изменится
t отходящих газов 92-95 °С (расч.)	→	не изменится

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО ОСАДКА ЦИНКА И НИКЕЛЯ ПРИ ГАЛЬВАНОСТАТИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ

Патрушев А.В., Даринцева А.Б., Мурашова И.Б., Останина Т.Н.
УрФУ, murib@rambler.ru

Основным критерием ресурсо- и энергосбережения является создание технологий формирования новых изделий с комплексом специфических свойств. Методы порошковой металлургии позволяют получать изделия с уникальными свойствами, при этом сокращаются расходы на проведение трудоемких операций и снижаются безвозвратные потери цветных металлов. В ходе электролиза водных растворов осаждаются дендритные осадки, из которых при послеэлектролизной обработке получают порошки металлов.

Основными технологическими свойствами готовой продукции являются насыпная плотность и гранулометрический состав порошка. Как показано ранее [1], свойства порошка зависят и определяются структурой дендритного осадка. Широкое применение электролитического способа получения порошков металлов сдерживается отсутствием теории, описывающей изменение структуры дендритного осадка от условий электролиза.

Электроосаждение дендритных осадков металлов проводят, как правило, из разбавленных водных растворов солей металлов при высоких плотностях тока. Для описания процесса роста дендритного осадка металла на цилиндрическом электроде использована разработанная ранее модель [2]. Процесс электролиза проводят при заданном токе I_3 , превышающем предельный ток $I_{пр}$ в Ки раз. Разряд ионов металла вытеснен на внешнюю поверхность рыхлого осадка, представляющего фронт роста и состоящий из N полусферических вершин радиусом r_B . В ходе электролиза меняется площадь фронта роста осадка, а также его структурные параметры.

Изменение длины дендритов y во времени, можно описать, используя дифференциальную форму закона Фарадея:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{V}{zF} i_B, \quad (1)$$

где V – мольный объем металла, $\text{м}^3/\text{моль}$; i_B – плотность тока на вершинах дендритов, $\text{А}/\text{м}^2$.

При заданном токе на электроде диаметром d_0 и высотой h плотность тока на фронте роста составляет i_z :

$$i_z = \frac{I}{\pi(d_0 + 2y)h}. \quad (2)$$

На единице поверхности фронта роста, в свою очередь, ток i_z перераспределяется по вершинам дендритов

$$i_B = \frac{i_z}{2\pi N r_B^2} = \frac{I}{2\pi^2 N r_B^2 (d_0 + 2y)h}. \quad (3)$$

Подставляя выражение (1) в (3), разделяя переменные и интегрируя в пределах от 0 до t и от y_0 до y , получаем выражение, учитывающее начальную высоту неровности поверхности y_0 , условия электролиза $Kи$, $i_{пр}$, природу кристаллизующегося металла V , z , и структурные характеристики дендритного осадка N и r_B :

$$d_0 y + y^2 - (d_0 y_0 + y_0^2) = \frac{V i_{пр} Kи d_0}{z F 2 p N r_B^2} t. \quad (4)$$

Зависимость $d_0 y + y^2 - (d_0 y_0 + y_0^2)$ от t позволяет провести расчет изменения $N r_B^2$. Определив кинетические параметры электродного процесса, можно разделить параметры N и r_B .

Для проведения экспериментальных наблюдений за развитием дисперсных осадков цинка и никеля была использована установка, которая позволяет одновременно проводить электрометрические измерения и видеонаблюдения за развитием осадка, а также определить объем выделяющегося в ходе электролиза водорода для оценки выхода по току металла. В центр цилиндрической ячейки подводится стержневой катод. По краю ячейки располагается анод, выполненный из листа того же металла. Для сбора водорода в ячейку над катодом помещается воронка, соединенная с бюреткой. Исследования проводили в растворах с одинаковой концентрацией ионов металла 0,123 М при коэффициенте истощения $Kи = 3$. С помощью потенциостата Solartron 1280Z в гальваностатическом режиме поддерживали необходимое значение тока. Изменения потенциала электрода регистрировали с использованием потенциостата, соединенного с ПК, видеозапись роста осадка проводили с помощью видеокамеры Sony DCR-SR200E.

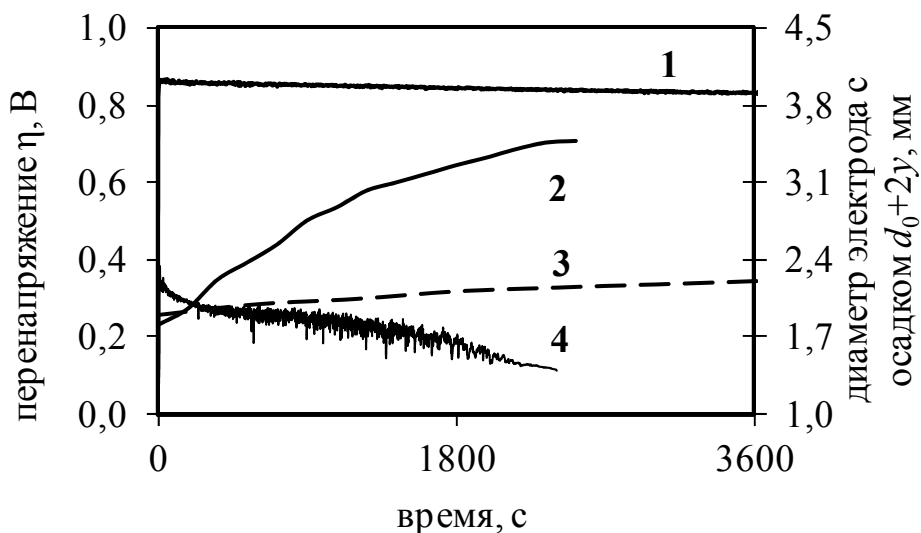


Рис. 1. Динамика изменения перенапряжения η (1, 4) и диаметра электрода с осадком $d_0 + 2y$ (2, 3) при электролизе никеля (1, 3) и цинка (2, 4)

Потенциал электрода в начальный момент времени сдвигается в область отрицательных значений, затем по мере развития осадка перенапряжение уменьшается. Прекращение роста осадка цинка в длину сопровождается резким

снижением перенапряжения, а в случае дендритов никеля такого изменения не наблюдается. Осадок порошка никеля растет медленнее, длина дендритов за время опыта достигает 0,34 мм, тогда как дендриты цинка за время опыта удлинняются на 0,73 мм.

Модельные представления (1-4) позволили провести расчет изменения структурных параметров дендритного осадка во времени (рис. 2).

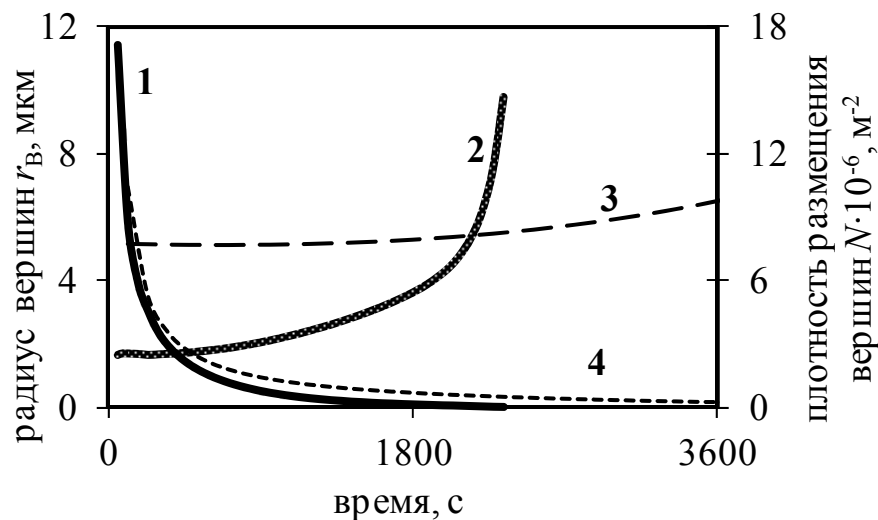


Рис. 2. Структурные параметры r_B (2,3) и N (1,4) цинка (1,2), никеля (3,4)

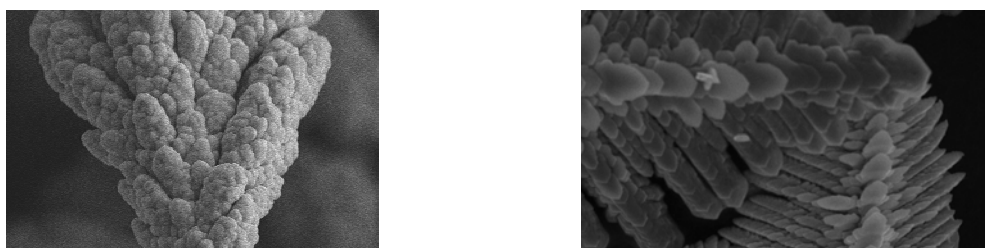


Рис. 3. Микрофотографии дендритных осадков никеля (слева) и цинка (справа) при увеличении $\times 2000$. Время получения дендритов цинка — 40 мин., никеля — 5 ч

В ходе кристаллизации осадка происходит постепенное уменьшение плотности размещения вершин дендритов на фронте роста, радиус вершин дендритов в процессе электролиза увеличивается медленно. Резкий спад перенапряжения при кристаллизации дендритов цинка сопровождается быстрым увеличением радиуса вершин дендритов. Отличия в динамике роста (рис. 1) и структуре (рис. 2, 3) дендритов цинка и никеля, очевидно, связаны с различием кинетических параметров разряда этих металлов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 11-03-00226

Библиографический список

1. Порошки цветных металлов: справочник / Под ред. С.С. Набойченко. М.: Металлургиздат, 1997. 542 с.
2. Останина Т.Н., Мурашова И.Б., Кузьмина Е.Е. // Электрохимия. 1996. Т. 32. С. 1329-1333.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КАК МЕТОД РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Рычкова Ю.А.

УрФУ, Yultokareva@gmail.com

Температуру уходящих дымовых газов за котлом принимают не ниже 120-130 °С по двум причинам: для исключения конденсации водяных паров на борах, газоходах и дымовых трубах и для увеличения естественной тяги, снижающей напор дымососа. При этом теплоту уходящих газов и скрытую теплоту парообразования водяных паров можно полезно использовать.

Среди способов утилизации тепла отходящих газов выделяют непосредственное использование избыточного тепла горячих дымовых газов, использование тепловых насосов, а также комбинирование этих методов. Температура уходящих дымовых газов влияет на значение потерь тепла с уходящими газами H_g , одной из основных составляющих теплового баланса (рис. 1).

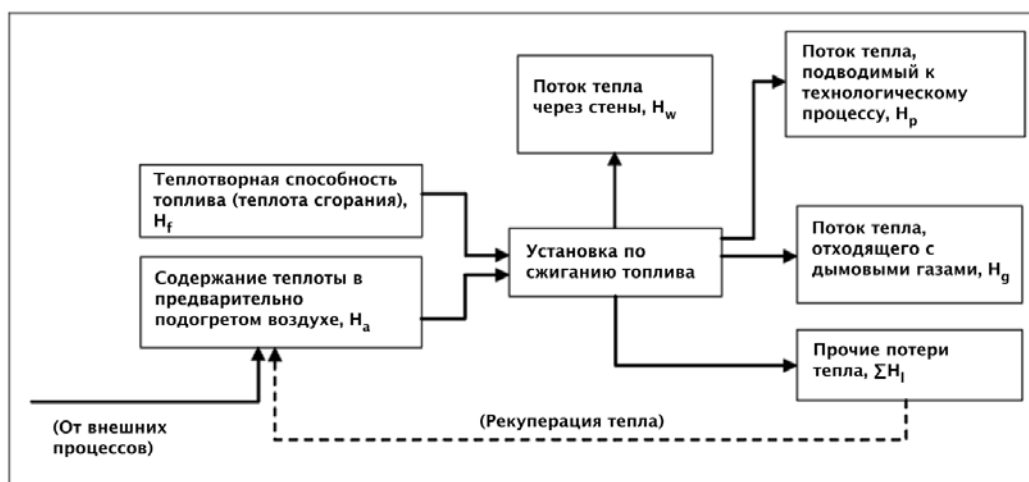


Рис. 1. Энергетический баланс топливосжигающей установки [91, CEFIC, 2005]

Снижение температуры дымовых газов является одним из вариантов сокращения тепловых потерь при сжигании топлива. Например, снижение температуры уходящих дымовых газов на 40 °С при работе котла на природном газе и коэффициенте избытка воздуха 1,2 повышает кпд котла брутто на 1,9 % [2]. Снижение температуры дымовых газов может быть достигнуто путем:

- подбора оптимального оборудования, исходя из требуемой максимальной мощности и обеспечения уровня производства тепла, соответствующего существующим потребностям и не превышающего их;
- интенсификации передачи тепла технологическому процессу;
- рекуперации тепла дымовых газов с использованием дополнительного технологического процесса;
- установки подогревателя воздуха или воды, или организации предварительного подогрева топлива за счет тепла дымовых газов.

На рис.2 приведена схема сжигания с предварительным подогревом воздуха теплом дымовых газов.

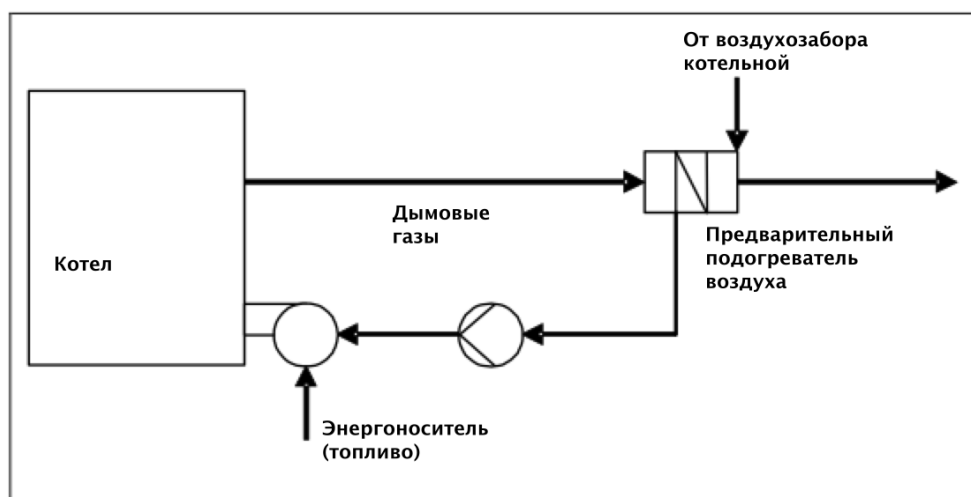


Рис. 2. Схема системы сжигания с предварительным подогревом воздуха [28, Berger, 2005].

На данной схеме, помимо экономайзера, может быть установлен предварительный подогреватель воздуха (газо-воздушный теплообменник), в котором воздух, поступающий из атмосферы, нагревается за счет энергии дымовых газов. Повышение температуры воздуха способствует улучшению условий горения, что приводит к повышению общего КПД системы сжигания. В среднем, снижение температуры дымовых газов на каждые $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к повышению КПД на 1 %. На практике потенциал энергосбережения в результате предварительного подогрева воздуха – 3,4 %. Поэтому даже для небольших котлов общий объем энергосбережения может достигать нескольких ГВт·ч/год. Например, для котла мощностью 15 МВт может быть достигнуто энергосбережение в объеме около 2 ГВт·ч/год, экономический эффект в размере около 30 тыс. евро/год, а также снижение выбросов CO_2 на 400 т/год [1, с. 144].

Менее эффективный, но более простой способ предварительного подогрева состоит в размещении воздухозаборника под потолком в помещении котельной. Во многих случаях температура воздуха в помещении превышает температуру наружного воздуха на $10\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это может позволить частично скомпенсировать потери тепловой энергии. Еще одно решение – организация воздухозабора и отведения дымовых газов при помощи коаксиального газохода (трубы с двойными стенками). Дымовые газы отводятся по внутренней трубе, в то время как по внешней поступает воздух горения. Теплообмен между газовыми потоками через стенку трубы обеспечивает предварительный подогрев поступающего воздуха. Вместо газо-воздушного может быть установлен водно-газовый теплообменник для предварительного подогрева питательной воды котла.

Среди основных преимуществ метода глубокой утилизации дымовых газов:

- увеличение КПД брутто топливопотребляющей установки на 2-3 %, с учетом использования скрытой теплоты парообразования водяных паров.

- повышение эффективности сжигания природного газа и снижение расхода топлива на 4-5 кг у.т. на 1 Гкал выработанного тепла.

Однако снижение температуры дымовых газов при определенных условиях влечет за собой ряд проблем [1, с. 140]:

- Необходимость поддержания заданных значений температуры и влажности уходящих дымовых газов, во избежание конденсации паров в газоходах и дымовой трубе;

- Необходимость избегать обмерзания поверхностей теплообмена при нагревании холодных газов;

- Необходимость проведения испытаний газоходов и дымовых труб, обработанных современными антикоррозионными покрытиями, на предмет возможности снижения ограничений по температуре и влажности уходящих после теплоутилизационной установки дымовых газов;

- Предварительный подогрев воздуха горения приводит к повышению температуры пламени и, как следствие, к более интенсивному образованию оксидов азота;

- Внедрение предварительного подогрева воздуха на существующих установках может оказаться затруднительным или экономически неэффективным вследствие недостатка пространства, необходимости установки дополнительных вентиляторов, а также систем подавления образования оксидов азота.

Использование дымовых газов сжигания топлива возможно в схеме рециркуляции дымовых газов. В этом случае всас дымовых газов на дымосос рециркуляции газов (ДРГ) организован за водяным экономайзером котла и подает их в короб горячего воздуха после второй ступени воздухоподогревателя. По различным данным [3] снижение концентрации оксидов азота в выбросах при доле рециркуляции 15 % составляет от 30 до 65 % без ухудшения экономичности работы оборудования. Основными проблемами метода рециркуляции дымовых газов является недостаточная мощность дымососов рециркуляции, затраты электроэнергии на работу дымососа рециркуляции.

Библиографический список

1. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности / В.Н. Виниченко (РОО «ЭКОЛАИН»), Е.Г. Гашо (Объединение «ВНИПИЭнергопром»), Т.В. Гусева (проект «Энергоэффективность в России: обеспечение доступа к европейским наилучшим доступным технологиям»), Е.А. Дмитриев (РХТУ имени Д.И. Менделеева), Г.В. Панкина (Академия стандартизации, метрологии и сертификации). Фонд стратегических программ (SPF) Министерства иностранных дел Великобритании, 2009. 489 с. [Электронный ресурс] URL: http://www.ippr-russia.org/public/cluster07/Energy_Efficiency.pdf

2. Метод глубокой утилизации тепла дымовых газов // Энергосовет [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energosovet.ru/entech.php?idd=3>.

3. Заключение по результатам тепловых испытаний котлов ТП-150 и БКЗ-75 Свердловской ТЭЦ с двухступенчатым сжиганием природного газа. Свердловск, 1992. 26 с.

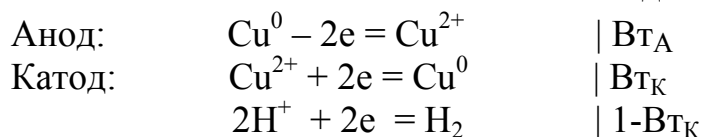
НАПРЯЖЕНИЕ НА ВАННЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА МЕДНОГО ПОРОШКА КАК ФАКТОР МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ДЕНДРИТНОГО ОСАДКА

Соколовская Е.Е*, Мухамадеев Ф.Ф.

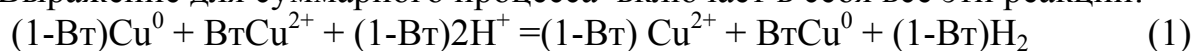
УрФУ, *el-chem@mail.ustu.ru*

*ОАО Уралэлектромедь, г. Верхняя Пышма, *islab@elem.ru*

Электролитические порошки металлов (ПМ) широко применяются в промышленности в связи с хорошей прессуемостью получаемых при электролизе дендритных частиц. Основным недостатком способа производства изделий по технологии ПМ является высокая стоимость порошка в связи с большими энергозатратами, обусловленными протеканием на катоде двух параллельных процессов: восстановлением ионов металла и выделением водорода.



Выражение для суммарного процесса включает в себя все эти реакции:



Напряжение на ванне складывается из нескольких составляющих

$$U = (E_{\text{p}}^{\text{a}} - E_{\text{p}}^{\text{k}}) + |\eta_{\text{A}}| + |\eta_{\text{K}}| + \Delta U_{\text{Э}} + \Delta U_{\text{K}}, \quad (2)$$

в котором обратимое напряжение $E_{\text{p}}^{\text{a}} - E_{\text{p}}^{\text{k}}$ мало и составляет около 30 мВ. Мало также и анодное перенапряжение η_{A} , так как процесс протекает на мало изменяющейся поверхности, а потому $|\eta_{\text{A}}|$ легко подсчитывается по закону электрохимической кинетики:

$$\eta_{\text{a}} = \frac{RT}{(1 - \alpha)zF} \ln \left(\frac{i_{\text{A}}}{i_0} \right), \quad (3)$$

в котором i_0 – плотность тока обмена, α – коэффициент переноса. Наибольшую трудность представляет оценка величин катодного перенапряжения $|\eta_{\text{K}}|$ и падения напряжения в электролите $\Delta U_{\text{Э}}$, поскольку в ходе катодного процесса поверхность электрода непрерывно развивается, вследствие чего изменяется не только катодное перенапряжение, но и плотность тока в межэлектродном пространстве, а значит и $\Delta U_{\text{Э}}$.

В последнее время динамику изменения перенапряжения $\eta(t)$ неоднократно изучали [1] непосредственно в промышленном электролизере для разных марок медного порошка (рис. 1). Эта характеристика непосредственно связана с режимом электролиза для данной марки и может быть описана в виде тренда полиномом 2-й – 4-й степени. Численное описание в виде полиномов катодного перенапряжения $\eta_{\text{K}}(t)$ и эффективного диаметра катода с осадком толщиной $y(t)$ очень важно для получения зависимости $U(t)$.

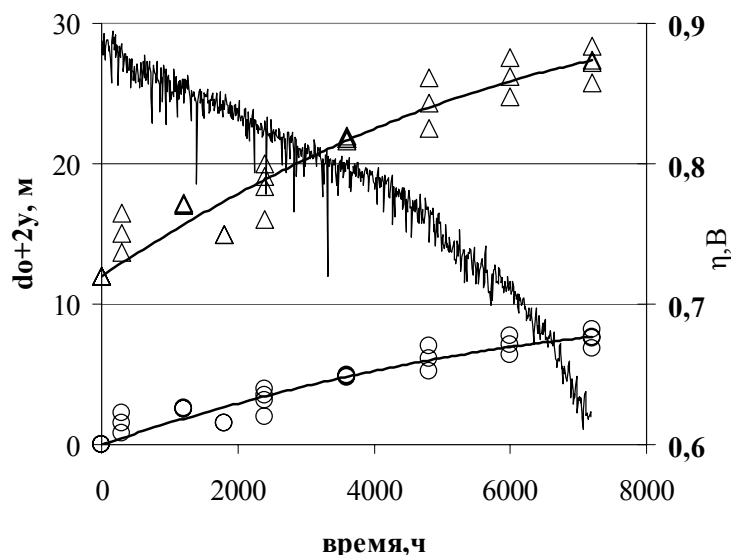


Рис. 1. Изменение во времени диаметра катодного стержня с осадком $(d_0+2y) \cdot N$, толщины дендритного слоя y и катодного перенапряжения η_K для кристаллизации порошка ПМС1

При расчете падения напряжения в электролите необходимо учитывать изменение эффективной плотности тока в растворе, изменяющейся по мере возрастания диаметра катода

со слоем осадка. Утолщение катода с осадком уменьшает межэлектродное расстояние, в то время как растворение анодов его увеличивает. Скорость утолщения катодного стержня с осадком легко оценить по рис. 1. Используя полученную по данным рис. 1 скорость утолщения диаметра катода со слоем дендритов, а также скорость истончения анодов, оцениваем изменение межэлектродного расстояния и плотности тока катодного процесса на фронте роста осадка.

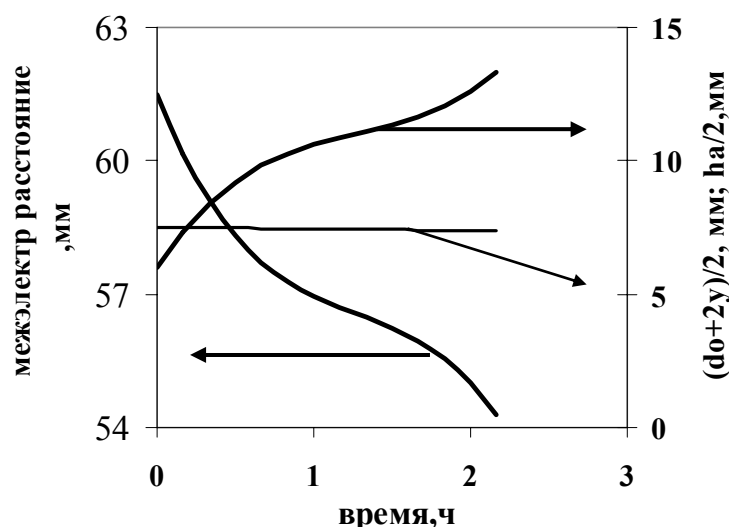


Рис. 2. Изменение размера $(d_0+2y)/2$, мм (1), половины толщины анода (2) и межэлектродного расстояния (3) при электролизе

По мере роста осадка площадь кристаллизации металла увеличивается, а катодное перенапряжение снижается (рис. 2). Это приводит к изменению структуры дендритного

осадка; вместо тонких дендритов образуются массивные глобулы, срастающиеся в плотную корку компактной меди, отправляемой затем во вторичную переплавку. Методом потенциостатической хроноамперометрии установлена область катодного перенапряжения [2], в которой кристаллизуются компактные глобулы. Измерение катодного перенапряжения на промышленной ванне довольно трудоемко; между тем напряжение на электролизере, без сомнения, связано с катодным перенапряжением – одной из его составляющих (рис. 3).

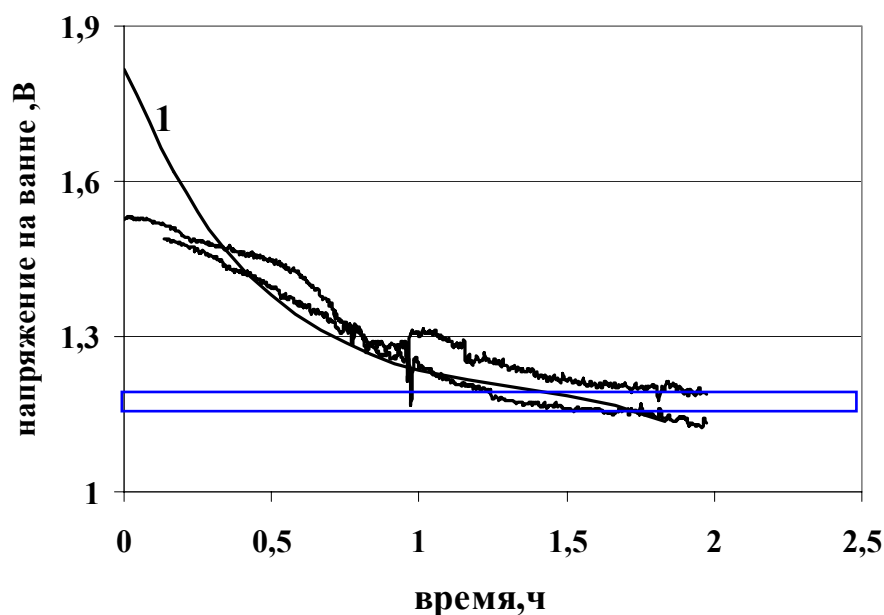


Рис. 3. Сопоставление рассчитанного напряжения (1) с измеренным напряжением на промышленном электролизере в течение двух периодов роста осадка между съемами его с катода (выделена область образования глобул)

Видно, что в последний период, когда напряжение оказывается в области от 1,1 до 1,3 В, расчетные и опытные данные близки друг к другу. Таким образом, напряжение на промышленном электролизере может служить индикатором, указывающим на наступление периода, опасного сменой режима кристаллизации дендритного осадка. Так, переход к очистке осадка с катода через 1,5–1,7 часа электролиза позволит снизить выход сrostков и глобул, отправляемых в переплавку, иначе говоря, осуществить на практике ресурсо- и энергосбережение.

Библиографический список

1. Мурашова И.Б., Соколовская Е.Е., Лебедь А.Б. и др. // Цветные металлы. 2007. № 10. С. 46-51.
2. Соколовская Е.Е., Мурашова И.Б., Лебедь А.Б. и др. // Цветные металлы. 2010. № 3. С. 42-49.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ АНТРАЦЕНОВОЙ ФРАКЦИИ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ

*Солодовникова Е.С., Павлович О.Н.
УрФУ, e_solodovnikova@mail.ru*

Антраценовая фракция, получаемая при переработке каменноугольной смолы, является сложной смесью высококипящих, преимущественно ароматических, соединений, основными из которых являются антрацен (содержание – 5 %), фенантрен (20 %) и карбазол (6 %). Компоненты антраценовой фракции каменноугольной смолы являются ценным химическим сырьем и могут найти широкое применение в различных областях. Однако использование их осложняется высокими ценами на сами углеводороды, что вызвано небольшими мас-

штабами их производства в неэффективных периодических процессах. Следовательно, выделение антрацена, фенантрена и карбазола с целью использования их для получения различных веществ, целесообразно и возможно только при реализации комплексной ресурсосберегающей технологии разделения антраценовой фракции и организации крупнотоннажного их производства [1].

Существующие в настоящее время в промышленном масштабе методы переработки антраценовой фракции, основанные на выделении сырого антрацена и антраценового масла, не решают задачу полного извлечения компонентов из фракции и рационального использования всех ресурсов.

Известные методы переработки антраценовой фракции направлены в основном на получение антрацена и могут быть представлены в виде двух принципиальных схем: первоначальное отделение фенантрена и последующее извлечение антрацена из антрацен – карбазольной смеси; первоначальное отделение карбазола и разделение антрацен – фенантреновой смеси.

В предложенных методах переработки используются процессы кристаллизации и экстрактивной кристаллизации, однако наиболее перспективными представляются методы, использующие ректификацию антраценовой фракции как первоначальную стадию разделения с последующим выделением индивидуальных компонентов из обогащенных фракций.

Разделению должна подвергаться антраценовая фракция, получаемая при дистилляции смолы, с интервалом кипения 300...365 °С. Выход такой фракции от смолы составит 10...11 %. В ней наиболее полно концентрируются основные ресурсы антрацена, фенантрена и карбазола, имеющиеся в смоле [2].

В данной работе рассмотрено получение карбазола из антраценовой фракции в процессе ее ректификации. Карбазол находит широкое применение в производстве поливинилкарбазола, который используется в производстве электрографических материалов, для производства ценного красителя – гидронового синего (прочнее индиго), сернистых красителей цвета хаки, для получения тетранитрокарбазола (нирозан) – эффективного инсектицида.

Проведено моделирование технологической схемы разделения антраценовой фракции, позволяющей при ее ректификации получить обогащенную карбазольную фракцию, одновременно выделить флуореновую и антрацен – фенантреновую фракции, которые можно направить на дальнейшую переработку с целью выделения из них концентрированных технических продуктов.

Проведен расчетный эксперимент процесса ректификации при варьировании основных технологических параметров процесса, выполненный на основе данных о фазовом равновесии жидкость – пар в системах, образованных основными компонентами антраценовой фракции. Расчет произведен в программе, написанной на языке программирования Turbo Pascal 7.0, предусматривающей расчет составов паровой и жидкой фаз на всех тарелках колонны (метод «от тарелки к тарелке») [3, 4]. Моделирование процесса ректификации показало возможность получить при ректификации обогащенную карбазольную фракцию, содержащую ~ 80 % карбазола. Также были определены оптимальные технологические параметры колонны: количество тарелок, флегмовое число, доля отбора дистиллята.

Полученная в процессе ректификации 80 % карбазольная фракция может быть направлена на выделение высокопроцентного карбазола методами экстрактивной кристаллизации [5].

Таким образом, предложенная технологическая схема разделения антраценовой фракции позволяет оптимизировать технологический процесс по затратам энергии и максимально извлекать ресурсы компонентов, входящих в состав фракции.

Библиографический список

1. Получение целевых товарных продуктов путем глубокой переработки фракций каменноугольной смолы / В.И. Лозбин, С.В. Мочалов и др. // Известия Томского политехнического университета. 2007. № 2. С. 150-152.
2. Белоусова О.А., Павлович О.Н. Полиэзотропно-полиэвтектические свойства каменноугольной смолы: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. 128 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. М.: Альянс, 2008. 496 с.
4. Фаронов В.В. Турбо Паскаль 7.0. Начальный курс: Учебное пособие. М.: ОМД Групп, 2003. 616 с.
5. Гайле А.А., Колдобская Л.Л., Субботин Д.И. Выделение обогащенного антрацена из каменноугольной смолы двухступенчатой экстрактивной кристаллизацией с N-метилпирролидоном // Кокс и химия. 2010. № 9. С. 32-35

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Стадольникова И.С., Павлович О.Н., Белоусова О.А.
УрФУ, opavlovich@k66.ru*

Во все времена поселения людей и размещение промышленных объектов реализовались в непосредственной близости от пресных водоемов, используемых для питьевых, гигиенических, сельскохозяйственных и производственных целей. В процессе использования воды человеком она меняла свои природные свойства и в ряде случаев становилась опасной в санитарном отношении. Впоследствии с развитием инженерного оборудования городов и промышленных объектов возникла необходимость в устройстве организованных способов отведения загрязненных отработавших потоков воды по специальным гидротехническим сооружениям.

В настоящее время значение пресной воды как природного сырья постоянно возрастает. Значительная доля водных запасов используется в быту и промышленности, где она загрязняется веществами минерального и органического происхождения. Такую воду принято называть сточной.

Все сточные воды должны подвергаться обязательной очистке при их отведении в открытые водоемы, так как в них содержатся различные загрязняющие вещества в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые.

Существуют определенные сложности в выборе метода очистки, связанные с высоким разнообразием загрязняющих веществ и их примесей в стоках,

количество и состав которых постоянно изменяется вследствие появления новых производств и изменения технологии существующих.

В работе проведен анализ деятельности городских очистных сооружений МУП «Горкомсети» г. Сухого Лога. Мощность (проектная) очистных сооружений 12000 м³/сут. Очистные сооружения построены в 1958 году, подвергались реконструкции в 1994 году.

Очистные сооружения состоят из комплекса отдельных сооружений, в которых по ходу движения сточная вода постоянно очищается сначала от крупных, а затем более мелких загрязнений, находящихся в нерастворенном состоянии, и подвергается биологической очистке. Данные очистные сооружения имеют в своем составе: решетки, песколовку, первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники, контактные отстойники, хлораторную, компрессорную станцию, иловые и песковые площадки. Выпуск очищенных сточных вод производится в реку Пышма береговым выпуском.

На очистных сооружениях производится механическая и биологическая очистка хозяйственных и производственных сточных вод от населения, организаций и промышленных предприятий, а также промышленных стоков от ряда промышленных предприятий.

Данные санитарно-химических анализов за последние два года показывают, что существующие на данный момент очистные сооружения не соответствуют предъявленным требованиям очистки сточных вод. Это связано с физическим износом оборудования очистных сооружений. В водоем сбрасывается значительное количество загрязняющих веществ. В их число входят: взвешенные вещества, БПК, фосфаты, нитрат и нитрит ионы, азот аммонийный.

Использование обеззараживания воды хлорированием является устаревшим и опасным методом. Осадок от очистки сточных вод никак не обрабатывается, накапливается на иловых площадках, затем поступает на свалку, что приводит к загрязнению почвы и подземных вод. Основное оборудование работает более 50 лет, оно устарело как физически, так и морально. Таким образом, можно сделать вывод, что данная схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод нуждается в реконструкции и доработке.

Для повышения эффективности очистки сточных вод на городских очистных сооружениях г. Сухой Лог в работе предложено провести усовершенствование существующей технологической схемы, которое включает в себя изменение участка биологической очистки (разделение аэротенка – вытеснителя на нитрификатор и денитрификатор), введение системы стабилизации осадка с последующим его обезвоживанием с помощью центрифуги и обработкой в камере дегельминтизации, замена хлорирования воды на ультрафиолетовое обеззараживание. Предлагаемая схема очистки сточных вод обеспечит эффективную очистку стоков от загрязняющих компонентов до требуемых нормативных показателей (НДС).

Таким образом, в результате реконструкции очистных сооружений, происходит снижение негативного влияния на водоем (р. Пышма).

Проведенная оценка экономического эффекта от усовершенствования процесса очистки сточных вод показала, что внедрение данных мероприятий

позволит значительно сократить эксплуатационные расходы и плату предприятия за загрязнение окружающей среды. Предложенные мероприятия целесообразны и могут быть реализованы при реконструкции городских очистных сооружений г. Сухой Лог.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАКОВЫХ ОТВАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКОЙ ОСВОБОЖДЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Суворова Е.Д., Правдин Б.А.
УрФУ, Email: tamatama@el.ru*

В современных условиях земельная территория является первейшим ресурсом общественного развития. Она является основным и незаменимым богатством любого государства. Земля – это важнейший природный ресурс, главное средство производства в сельском и лесном хозяйстве, горном промысле и пространственный базис для размещения зданий, строений, сооружений, строительства городов, устройства личных подсобных хозяйств, строительства промышленных и других объектов. Обеспеченность страны земельными ресурсами – важнейший экономический и политический фактор развития общественного производства, и общества. Наличие земельных ресурсов дает широкий простор для экономического развития региона. Но с каждым годом площади свободных земель уменьшаются, земли отчуждаются под твердые отходы, затопляются при сооружении водохранилищ, разрушаются в процессе эрозии и по целому ряду других причин.

Большинство технологических процессов различных отраслей промышленности протекают с образованием отходов производства. Постоянно увеличивающиеся объемы производства неизбежно приводят к росту образования этих отходов промышленности, а, следовательно, и к увеличению площадей, отчуждаемых под промышленные отходы, поскольку большинство твердых отходов производства не утилизируются, а складываются на земле в виде отвалов и терриконов. В мире ежегодно образуются миллионы тонн техногенных отходов. При этом отчуждаются тысячи гектар земель.

Земля является важнейшим, а, главное – не увеличивающимся и дорогостоящим объектом недвижимости. В настоящее время человечество все больше убеждается, что функции почвы не могут быть выполнены никакими другими компонентами биосферы, и это определяет огромную роль почвы в поддержании жизни на Земле. Будучи частью биосферы, почва в то же время является необходимым условием ее существования.

В Свердловской области накоплено 188 самостоятельных техногенно-минеральных объектов с объемом накопленных отходов в каждом из них свыше 1000 тонн. Всего отвалы Свердловской области занимают земли площадью свыше 3000 га, из них 400 га – отходы цветной металлургии и 570 га – отходы черной металлургии [1]. В условиях рыночной экономики это предполагает пе-

рестройку всего хозяйственного механизма с учётом ресурсосберегающего фактора. Огромные запасы полезных компонентов содержатся в техногенных отходах, складываемых в отвалах многих предприятий черной и цветной металлургии. Такие отвалы могут быть достаточно успешно переработаны и использованы в технологических процессах различных производств, в промышленности строительных материалов, в строительстве, в сельском хозяйстве, для повторной переработки и доизвлечения полезных компонентов, в черной и цветной металлургии в качестве сырьевых добавок, тем самым будут сохраняться истощающиеся минеральные ресурсы в недрах.

На данный же момент ситуация такова, что земли, которые можно было бы использовать для различного строительства, заняты отходами, и, таким образом, приходится уменьшать площадь земель занятых под сельское хозяйство и отдавать их под строительство.

Реализация программы по переработке отходов и освобождению земель реально отражает огромный потенциал и возможности, которые связаны с переработкой техногенных образований только в Уральском регионе. В то же время предприятия металлургии заинтересованы в том, чтобы утилизация отходов их производства из статьи затрат (сейчас предприятия ЗАО «Вторцветмет» ежегодно за размещение отходов платят примерно 3,5 млн руб.), перешла в статью доходов.

Переработка техногенных образований позволит решить некоторые важные вопросы минерально-сырьевого комплекса страны, улучшить экологическую ситуацию, а также вернуть эти земли в хозяйственный оборот региона и использовать их по назначению.

Согласно данным ОАО «Черметинформация» [2], возможно использование шлака с отвалов предприятий цветной металлургии, имеющих высокое содержание глинозема, в процессе выплавки стали, с целью удаления из нее вредных примесей. Качество стали определяется, в первую очередь, низким содержанием в ней серы. На производстве для уменьшения содержания серы используется плавиковый шпат CaF_2 – дорогостоящий и дефицитный материал (в год одно предприятие тратит примерно 1,5...2,0 млн руб. в год на покупку плавикового шпата). Согласно исследованиям [2], плавиковый шпат можно заменить на отвальный шлак и использовать его для очистки стали в процессе ее производства от вредных примесей, главным образом, от серы. Наилучшие условия для очистки стали возникают при низком содержании FeO и высоком содержании CaO , т.е. высокой основности. В лабораторных условиях исследования проводились на примере отвального шлака Сухоложского завода ЗАО «Вторцветмет». Шлак с отвала данного предприятия имеет следующий состав: Al_2O_3 – 55,9 %, SiO_2 – 10,2 %, MgO – 7,02 %, как видно он имеет достаточно высокое содержание глинозема. На основе этого шлака и извести в соотношении 1:2, 1:3 получили рафинировочный шлак содержащий CaO – 63...71 %, Al_2O_3 – 14...18 %, основностью 5-6. Обработка таким шлаком стали в агрегате печь-ковш позволила снизить концентрацию серы с 0,015 до 0,002 %, т. е. на 0,0013 %, в то время как с использованием плавикового шпата снижение серы составляет 0,009...0,014 %.

Таким образом, шлак из отвала предприятия ОАО «Вторцветмет» может быть использован в технологии выплавки стали на предприятиях черной металлургии, тем самым может быть заменен используемый сейчас на производстве плакиковый шпат.

Освобожденную землю можно будет использовать для различных целей. В результате переработки отходов только одного предприятия ЗАО «Вторцветмет» освободится земля площадью 80 га. Но так как эта земля, давно вышедшая из хозяйственного оборота региона, необходимо определить ее стоимость, а для этого провести государственную кадастровую оценку этой земли.

Растущее использование основных сельскохозяйственных земель под участки для жилищного строительства и для других неземледельческих целей (в том числе размещения отходов) привело к необходимости регулирования землепользования. Основным средством регулирования является кадастровая оценка земель.

Государственная кадастровая оценка земель основывается на классификации земель по целевому назначению и виду функционального использования [3]. Так различают: 1. Кадастровую оценку земель поселений. 2. Кадастровую оценку земель промышленности. 3. Кадастровую оценку сельскохозяйственных угодий.

Кадастровая оценка земель поселений включает два основных этапа: это сбор и обработка информации, вычисление удельных показателей стоимости земли. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель может быть проведена двумя способами. Первый когда определяются следующие показатели: оценочная продуктивность; оценочные затраты; цена производства валовой продукции; расчетный рентный доход и кадастровая стоимость. Второй способ: это бонитировка почвы, т. е. взятие пробы. Этот метод определяет относительный потенциал земель для сельского хозяйства и производится на землях, чью урожайность за последние несколько лет нельзя оценить.

Земли, освобожденные из-под отвалов, относятся к землям промышленности и являются непригодными для сельского хозяйства, подсобного хозяйства и жилищного строительства на постоянной основе. Однако значительные затраты на рекультивацию и восстановление позволят использовать эту землю и для сельского хозяйства (наиболее эффективно лесоразведение). Пригодность восстанавливаемой территории в большей степени рассматривается с точки зрения строительства зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения.

Определение кадастровой стоимости земельных участков промышленности включает два этапа: 1. Определение удельных показателей кадастровой стоимости земель; 2. Расчет кадастровой стоимости земельных участков. Кадастровая стоимость этих земельных участков определяется путем умножения удельных показателей кадастровой стоимости этих земельных участков на их площадь. Удельный показатель кадастровой стоимости земель промышленности в регионе, где расположен завод ЗАО «Вторцветмет», равен 2,90, таким образом, данная земельная территория оценивается примерно в 3 млн руб.

На этих освобожденных землях может быть организовано строительство промышленных объектов, производственных, складских помещений (цехи, склады, ангары), торговых комплексов и рынков, от сдачи в аренду которых годовая прибыль, из расчета 20 складских помещения на территории в 80 га, будет составлять примерно 3 млн руб.

Развитие мирового общественного производства идет все ускоряющимися темпами, и размеры ущерба, наносимого окружающей среде, увеличиваются так, что их уже невозможно преодолеть естественным путем, без использования технологических мероприятий. Складируемые промышленные отходы представляют опасность для населения близлежащих населенных пунктов, занимают ценные земельные участки, оказывают негативное экологическое воздействие и создают дополнительные трудности коммунальным службам. В связи с этим необходимо внедрение технологических процессов, при которых станет возможна реализация безотходного производства, принятие мер по сокращению образования отходов, а также вторичному использованию этих отходов в целях экономии сырья и уменьшении нагрузки на окружающую среду.

Тем самым, помимо экономической выгоды, будет выполнено главное правило регулирования землепользования и охраны земли: максимально использовать для промышленного и гражданского строительства и других потребностей не удобные для сельского хозяйства земли.

Библиографический список

1. Горно-промышленные отходы – дополнительный источник минерального сырья / М.А. Комаров, В.А. Алискеров, В.И. Кусевич, В.Л. Заверткин (ООО «Геоинформмарк») // Минеральные ресурсы России. 2007. № 4 [Электронный ресурс]: URL: <http://www.geoinform.ru/?an=mrr0407>
2. Лыков П.А., Макаревич А.Н., Бочкарев С.П., Рошин В.Е. Формирование шлака для обработки на установке ковш-печь на стадии слива металла из печи и замена фторидов алюминатами кальция // Черная металлургия. 2010. № 2. С. 23-25.
3. Земельный кодекс РФ. Глава XI // Российская газета. 30 октября 2001. № 211-212

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА КАРБОНАТА НАТРИЯ ПРИ ВАРКЕ СТЕКЛА ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ШИХТЫ

*Сумина Е.А., Дерябин В.А., Фарафонтова Е.П., Парамонова О.Л.
УрФУ, e-mail: htss@fsm.ustu.ru*

Повышение требований к качеству современного стекла предполагает серьезный анализ влияния различных факторов на однородность стекольной шихты. Только равномерное распределение компонентов шихты позволяет получать стекло высокого качества. Несмотря на многовековую историю стеклоделия, вопросы качества стекла приобретают в последнее время особую актуальность. До настоящего времени практически не обращалось внимания на

роль увлажняющей жидкости в процессах подготовки шихты. В литературе основное внимание обращено на снижение пылеуноса компонентов шихты при ее увлажнении. Присутствие в стекольной шихте капиллярных прослоек значительно снижает процессы сегрегации. Этот вопрос почти не изучен. Между тем, увлажнение является простым способом сохранения свойств шихты при ее транспортировке. Этот способ гораздо экономичнее предлагаемых способов компактирования и гранулирования шихты.

На модельной установке проведен ряд экспериментов по изучению процессов сегрегации частиц в двухкомпонентной смеси «кварцевый песок-сода». Предыдущие исследования проводились для системы «кварцевый песок-сода» без увлажнения. В действительности сода является одним из компонентов стекольной шихты, которая впитывает влагу и влияет этим на плотность материала. При переходе к реальной технологии необходимо учитывать, что увлажняющая жидкость не способна растворять все количество соды. Целью работы является изучение поведения двухкомпонентной системы «кварцевый песок-сода» при малом количестве увлажнения (4 %), отражающего реальные технологические процессы.

После механического воздействия на шихту наблюдается значительное перераспределение материалов по горизонтам. В общем случае сода, как более легкий материал, практически полностью переходит в верхние слои шихты независимо от начального количества. Эта тенденция наблюдается для любого механического воздействия. В нижнем слое насыпная плотность смеси больше, чем насыпная плотность чистого песка. Это связано с тем, что частицы соды проникают в поры песка, при этом масса порции увеличивается. В верхних слоях частицы песка находятся между частицами соды.

При увлажнении водой шихты (4 %), при небольших механических воздействиях наблюдается закрепление отдельных конгломератов шихты. При больших числах встряхиваний (100, 300) конгломераты разрушаются, и происходит постепенное увеличение насыпной плотности от верхнего к нижнему горизонту. В нижних горизонтах насыпная плотность смеси больше, чем насыпная плотность песка, это связано с тем, что частицы соды проникают в поры песка. При этом масса увеличивается, следовательно, увеличивается насыпная плотность.

При выдержке после увлажнения при этих же количествах встряхиваний наблюдается более равномерное распределение компонентов. Это обусловлено тем, что после увлажнения и выдержки происходит закрепление отдельных конгломератов за счет кристаллизационных процессов. При малых механических воздействиях идет более пропорциональное изменение насыпной плотности смеси.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что увлажнение стекольной шихты водой и тем более при наличии частиц соды и поташа будет существенно снижать сегрегацию компонентов.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РОССИИ

Фазлутдинов К.К.

УрФУ, ООО «Экологический исследовательско-внедренческий центр»

chimka.faz@mail.ru

Гальваническое производство (гальваника) является неперенным спутником машиностроения – будь то производство маленьких ручных часов или деталей ракетного двигателя. Экологические проблемы гальваники также общеизвестны. Эта отрасль, являясь поставщиком ионов тяжелых металлов, загрязнение которыми лидирует по шкале стресс-факторов, имея 135 баллов и опережая разливы нефти (72), загрязнения радиационными отходами (40) и химическими удобрениями (63).

Гальваника является признанным лидером по перерасходу химматериалов, электроэнергии и особенно воды. На 1 м² покрытия тратится от 10 до 4000 л, при этом образуется 500-1000 л жидких отходов. Расход воды за год составляет от 1 тыс. до 10 млн м³ в год. Полезно используется только 10-30 % солей тяжелых металлов. Объем гальванического производства возрастает ежегодно в 1,6-2 раза.

Проблемы гальваники начинаются еще с этапа подготовки молодых специалистов-технологов и, по моему мнению, проблема эта тянется еще со времен Советского Союза. По своему опыту могу сказать, что в учебной программе по подготовке специалистов-гальваников прикладной экологии производства практически нет. Общий курс экологии не способен решить поставленной проблемы. Небольшие части предметов «функциональная гальванотехника» и «процессы и аппараты химических производств» также дают только обзорную информацию по методам переработки гальванических стоков. Нравственная же ответственность за окружающую среду специалистам вообще не прививается, и они считают экологию, в итоге, рудиментом, который совершенно не обязательно изучать.

Далее, на уровне производства, даже подкованный специалист сталкивается с тем, что на всех заводах России основным методом утилизации гальваностоков является реагентный метод. Стоки гальваники (никель, медь, цинк, хром (III) содержащие, а также кислотные, щелочные) усредняются в баке-усреднителе на очистной станции, а затем нейтрализуются, и все тяжелые металлы переводятся в гидроксиды. Получается «пирог» из 5-10, а иногда и более, разнородных гидроксидов, которые обезвреживаются и должны как-то утилизироваться. Разделить их по компонентам очень сложно, а зачастую и вообще невозможно, и их просто закапывают на спецполигоне (в лучшем случае), а, как правило, – на свалках ТБО. Оттуда ионы тяжелых металлов (ИТМ) с талыми и дождевыми водами выносятся в окружающую среду и в итоге попадают в продукты питания человека. При этом ИТМ обладают общетоксичным, канцерогенным, мутагенным, аллергенным действием, способны аккумулироваться в организме и с трудом выводиться из него. Выходит, что мы тратим миллиарды рублей на добычу металлов из недр Земли, а потом тратим столько же, чтобы

закопать их обратно. Более того, в результате мы все равно получаем их в мясе, воде, рыбе и т.д. Так стоит ли этот метод чего-либо вообще в его существующем виде? Со мной солидарны ведущие специалисты РХТУ им. Д.И.Менделеева, однако, реально действующую альтернативу реагентному методу придумать оказалось далеко не просто.

И на самом высоком уровне, уровне власти, проблем не меньше. Существующие экологические законы не только не помогают бороться с загрязнениями, они им способствуют!

Так, одним из наиболее абсурдных законов является Федеральный закон Российской Федерации от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля». Согласно этому закону плановую муниципальную проверку предприятия можно осуществить не чаще, чем раз в три года. Более того, о проверке следует предупредить минимум за три дня. При этом гальваническое производство можно остановить, пустить в канализацию чистую воду и к моменту проверки никаких превышений ПДК обнаружить, как правило, не удастся. И далее ждем еще три года, пока предприятие благополучно будет сливать тяжелые металлы на городские очистные сооружения, которые не приспособлены для переработки такого рода загрязнений.

Затем, Федеральный закон от 24.06.98 № 89-ФЗ (ред. от 18.07.2011) «Об отходах производства и потребления». Согласно этому закону: «отходы производства и потребления (далее – отходы) – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а так же товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства». Например, предприятие занимается нанесением серебряного покрытия. В процессе серебрения образуются остатки серебряных анодов. Согласно этому закону они – отходы. Но чем часть куска серебра отличается от целого? Ничем. Только по этому закону мы будем иметь дело в первом случае с сырьем, а во втором – с отходом. Таким образом, не имея лицензии, предприятие не только не может повторно использовать этот отход в другом производственном процессе, но и просто не может никак его переработать. Хотя фактически серебро осталось неизменным.

Что же делают предприятия в такой ситуации? Они уходят в тень, составляя легальной гальванике неравную конкуренцию. Вычислить нелегалов практически невозможно, штрафов они не платят, сливают все растворы напрямую в водоемы, и никто не может ничего сделать. Но даже если гальваника легальна, зафиксировать превышение ПДК, как уже говорилось выше, практически тоже весьма непросто. В любом случае, легальному предприятию проще заплатить небольшой штраф, чем внедрять нерентабельные экологические технологии.

Опыт моего сотрудничества с ООО «ЭИВЦ» показал что, несмотря на все препятствия, создать экологически чистую гальванику возможно. Мною и моими коллегами на базе этого предприятия были разработаны и внедрены экологические технологии, позволяющие только за счет изменения техпроцесса без

применения дорогостоящего оборудования сделать безотходными: никелирование, цинкование, хромирование, хромирование, а также травление латуни и стали.

Так, в технологии малоотходного гальванического никелирования отработанные и промывные растворы используются как сырьё в химическом никелировании, путем введения гипофосфита и ацетата натрия. Эта простая операция позволила экономить до 50 % никеля и до 70 % воды.

Технология травления латуни с экологической защитой предусматривает применение остатков цинковых анодов, образующихся в процессе цинкования, в качестве цементаторов меди из отработанного травильного раствора. В результате всех операций, из отходов цинкования и травления латуни получают товарные гидроксид цинка, сульфат меди и регенерированный раствор травления латуни.

И так далее. Все эти технологии имеют акты о внедрении и представлены на Всероссийских конференциях, где они занимали первые места. Однако даже они не способны решить проблему, пока не создана экологическая полиция, не отлажены механизмы контроля загрязнения окружающей среды в реальном времени гальваническими предприятиями. Пока штрафы позорно малы, нет базы экологических технологий, лучшие из которых должны внедряться на предприятиях в обязательном порядке, согласно закону, пока добросовестные предприниматели не получают никаких льгот и помощи от государства за внимание к экологическим проблемам, хотя это прописано в законе, пусть и в порядке констатации факта, без какого либо пояснения, пока российские вузы выпускают инженеров, не думающих об экологических последствиях своей деятельности, а руководство предприятий мешает сознательным сотрудникам пытаться улучшить экологию производства, пока все это будет так, ситуацию сложно изменить.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Фурманенко Д.Е., Толстова Ю.И.
УрФУ, e-mail: rudnik@mail.ustu.ru*

Использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) для теплоснабжения промышленных зданий приобретает всё большие масштабы. Экономически это вполне оправдано, так как затраты на добычу и транспортировку топлива в 3-4 раза больше затрат на использование ВЭР. Однако предприятия зачастую не в полном объёме используют вторичные энергоресурсы, так как это требует значительных единовременных капитальных вложений. Наши расчёты показывают, что снижение эксплуатационных затрат подтверждает экономическую эффективность таких проектов.

По заданию Качканарского горно-обогатительного комбината была выполнена оценка экономической эффективности установок утилизации тепла (УУТ) с целью распространения передового опыта. Вторичные энергоресурсы

предприятия – это отходящие газы процессов агломерации и обжига рудного концентрата.

С целью экономии затрат на теплоснабжение на предприятии были смонтированы 4 УУТ, расположенные на трактах дымососов агломашин и обжиговой машины. Оборудование УУТ включает 4 чугунных экономайзера типа ЭБ1-808И.

Использование УУТ для теплоснабжения объектов КачГОК осуществляется по следующей схеме в зависимости от периода года.

В холодный период года теплоснабжение осуществляется отдельно от двух источников – Качканарской ТЭЦ и УУТ. При этом УУТ обслуживают объекты аглофабрики, теплоснабжение остальных объектов – от Качканарской ТЭЦ. В теплый период года теплоснабжение всех объектов промплощадки осуществляется от УУТ. Смена режима теплоснабжения производится путём переключения задвижек в тепловой камере на ответвлении к аглофабрике.

Для оценки экономической эффективности УУТ были рассмотрены два варианта теплоснабжения промплощадки:

- в первом варианте теплоснабжение осуществляется от городской ТЭЦ;
- второй вариант предполагает теплоснабжение от двух источников (городской ТЭЦ и УУТ) по схеме, принятой на предприятии.

Использование вторичных энергоресурсов потребовало дополнительных капитальных затрат на закупку и монтаж оборудования для УУТ и прокладку теплотрассы от установок утилизации тепла до существующей теплосети. Согласно смете, эти затраты составили $K_{\text{доп}} = 51$ млн руб.

Годовые эксплуатационные расходы складываются из затрат на оплату тепловой энергии, электрической энергии, отчислений на амортизацию, текущий ремонт, управление и заработную плату.

Использование УУТ позволяет уменьшить количество теплоты, получаемой от ТЭЦ, на 55 Гкал/год. Поэтому затраты на оплату тепловой энергии также уменьшатся и составят:

для первого варианта

$$T_1 = Q_1 \cdot C_T = 197500 \cdot 764 = 150,9 \text{ млн руб./год};$$

для второго варианта

$$T_2 = Q_2 \cdot C_T = 142000 \cdot 764 = 108,5 \text{ млн руб./год}.$$

где Q_1 ; Q_2 – количество потребляемой тепловой энергии от ТЭЦ, Гкал/год; C_T – цена 1 Гкал (по прейскуранту $C_T = 764$ руб./Гкал с учётом НДС).

Затраты на электроэнергию включают затраты на оплату электроэнергии, потребляемой насосами, обеспечивающими перекачку теплоносителя и поддержание необходимого гидравлического режима. Использование УУТ требует установки дополнительных насосов и поэтому расход электроэнергии увеличивается.

Годовой расход электроэнергии определялся по формуле

$$W_э = 0,7 \cdot N \cdot t,$$

где N – суммарная мощность электродвигателей, кВт; t – продолжительность работы, часов в год.

По данным проекта мощности насосов составляют $N_1 = 135$ кВт; $N_2 = 180,7$ кВт. Тогда годовой расход электроэнергии составит:

$$W_{\text{э}1} = 0,7 \cdot N_1 \cdot t_1 = 0,7 \cdot 135 \cdot 6600 = 623700 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

$$W_{\text{э}2} = 0,7 \cdot N_2 \cdot t_2 = 0,7 \cdot 180,7 \cdot 8760 = 1108052 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Затраты на электроэнергию составят:

для первого варианта

$$\text{Э}_1 = W_{\text{э}1} \text{Ц}_\text{э} = 623700 \cdot 2,42 = 1,509 \text{ млн руб./год};$$

для второго варианта

$$\text{Э}_2 = W_{\text{э}2} \text{Ц}_\text{э} = 1108052 \cdot 2,42 = 2,681 \text{ млн. руб./год},$$

где $W_{\text{э}1}$, $W_{\text{э}2}$ – годовой расход электроэнергии по первому и второму варианту, кВт·ч; $\text{Ц}_\text{э}$ – цена 1 кВт·ч электроэнергии: по преysкуранту на 2010 год $\text{Ц}_\text{э} = 2,42$ руб./кВт·ч).

Остальные затраты приняты по действующим нормативам в процентах от величины капитальных затрат.

Приведённые затраты Π рассчитывали с использованием коэффициента экономической эффективности капитальных вложений $E_\text{н}$:

$$\Pi = C + E_\text{н}K,$$

где C – годовые эксплуатационные расходы, руб./год; $E_\text{н} = 0,12 \text{ год}^{-1}$.

Экономический эффект определялся как разность приведённых затрат по сравниваемым вариантам. Результаты расчётов приведены в таблице.

Экономическое сравнение вариантов

Поз.	Показатели	Ед. измерения	I вариант	II вариант
1	Капитальные вложения	млн руб.	—	51
2	Годовые эксплуатационные расходы: всего в т.ч.:	млн руб./год		
	тепловая энергия		159	122,3
	электроэнергия		150,9	108,5
	заработная плата		1,509	2,68
	амортизация		2,9	3,8
	текущий ремонт		-	2,04
	техника безопасности и управление		2,04	2,04
			1,93	3,2
3	Приведённые затраты	млн руб./год	159	128
4	Экономический эффект	млн руб./год	31	

Таким образом, установка экономайзеров для утилизации вторичных энергоресурсов позволяет предприятию существенно снизить затраты на оплату тепловой энергии, получаемой от ТЭЦ. Для условий КачГОК затраты на тепловую энергию уменьшаются на 42,4 млн руб./год. Экономический эффект составляет 31 млн руб./год.

ЖЕЛЕЗООКСИДНЫЙ ПИГМЕНТ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МАГНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Хохлун Н.Л.
УрФУ, khohlun@mail.ru

В связи с увеличением масштабов промышленности, ростом цен на сырьё и ужесточением требований экологии, актуальной задачей является разработка ресурсосберегающих технологий, позволяющих заменить традиционное сырьё в существующих производствах подходящими промышленными отходами.

Классическая схема получения железоксидных пигментов высокого качества из солей железа реализована на заводе в г. Ярославль. В последнее время появилось много альтернативных технологических процессов, использующих в качестве сырья отходы металлургического производства. Схема, предложенная инженерами экспериментально-исследовательского центра ОАО «Русский магний» г. Асбест, отличается уникальностью сырья и качеством готового продукта.

Исходным сырьем выступает железо-никелевый концентрат, образующийся в ходе очистки хлормagneйных растворов на заводе ОАО «Русский магний». Железо-никелевый концентрат содержит гидратированные оксиды железа, алюминия, никеля, марганца и окись кремния. В ходе солянокислотного выщелачивания исходного сырья, оксиды алюминия, никеля, марганца растворяются с образованием раствора хлоридов, при этом концентрируется по железу. Готовую пульпу отфильтровывают, осадок промывают, сушат и прокачивают. Прокаленный продукт размалывают на струйной мельнице и получают высококачественный красный железоксидный пигмент. Характеристика пигмента, в сравнении с аналогом китайского производства, представлена в таблице.

Характеристики железоксидных пигментов

Наименование показателя	Методы испытаний	ОАО «Русский магний»	Китай S130
1. Цвет	ГОСТ 16873	Красно-коричневый	Красно-коричневый
2. Массовая доля соединений железа в пересчете на Fe_2O_3 , %	ТУ 2322-001-73627304-10 пункт 4.3	85-90	94-96
3. Массовая доля летучих веществ, %	ГОСТ 21119.1 раздел 2	0,3-0,5	0,3-0,5
4. Массовая доля веществ, растворимых в воде, %	ГОСТ 21119.2	0,5-0,8	0,5-0,8
5. pH водной суспензии	ГОСТ 21119.3	8,0-9,0	4,0-7,0
6. Остаток на сите с сеткой № 0045, %	ГОСТ 21119.4 раздел 1а	0,1-0,2	0,3-0,4
7. Потери массы при прокаливании, %	ГОСТ 21119.9	0,7-1,0	0,7-1,0
8. Маслосмкость, г /100 г пигмента	ГОСТ 21119.8	30-35	25-30
9. Укрывистость, $г/м^2$	ГОСТ 8784, раздел 1	6-7	7-8

В структуре потребления железоксидных пигментов по отраслям наибольшая доля принадлежит строительным материалам – 48 %, при этом почти 90 % пигментов, используемых в данной отрасли, производится в Китае. Пигмент, полученный на заводе ОАО «Русский магний», не уступает китайскому аналогу по основным показателям и превосходит конкурента по дисперсности, укрывистости и pH водной суспензии.

Железоксидный пигмент ОАО «Русский магний» успешно прошел испытания в составе цветных бетонов. Установлено, что введение пигментов повышает раннюю прочность бетонов: в возрасте 1 суток она составляет в среднем 113...116 % от прочности контрольных образцов без пигментов. При этом окрашенные образцы, полученные на основе пигмента ОАО «Русский магний», зачастую показывают большее увеличение прочности, чем образцы на основе китайского аналога.

Пигмент ОАО «Русский магний» имеет технологическое преимущество, которое заключается в хорошей диспергируемости, что позволяет ему достаточно быстро распределяться по бетону и давать более равномерную окраску изделий в отличие от пигмента китайского производства.

Помимо вышеперечисленного, пигмент ОАО «Русский магний» способствует снижению высолообразующей способности за счет уплотнения структуры цементного камня и всего бетона в целом.

Проведенные исследования показали перспективность получения железоксидного пигмента на основе кека железо-никелевого концентрата – отхода магниевых производств. Готовый продукт способен составить достойную конкуренцию китайским аналогам применительно к строительным материалам. В свою очередь, реализация описанной схемы с получением готовой товарной продукции в комплексе с основной технологией завода, не только решит проблему утилизации отхода, но и позволит говорить о рациональном и полном использовании исходного сырья предприятием ОАО «Русский магний».

ПОЛУЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО КВАРЦСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Чинухтанова А.М., Власова С.Г.

УрФУ, e-mail: vlassvet@k66.ru

Среди довольно широкой номенклатуры теплоизоляционных материалов первое место по объему производства в России и за рубежом занимают изделия на основе минерального волокна. Они являются негорючими, не подвергаются воздействию грызунов и микроорганизмов, морозостойкие, для их производства не требуется дефицитное сырье.

Для производства минераловатных изделий применяются сравнительно небольшое количество исходных сырьевых материалов – два или три компонента.

Современные теплоизоляционные материалы, состоящие из хаотично расположенных минеральных волокон, называются минеральной ватой. Минеральная вата – общее название всех видов волокнистых теплоизоляционных материалов, а именно: шлаковаты, стекловаты, базальтовой ваты. Минеральная вата представляет собой тонкие и гибкие волокна, полученные при охлаждении предварительно раздробленного в капли и вытянутого в нити минерального расплава. Ее получают из расплава горных пород, силикатных промышленных отходов и их смесей.

Химический состав минеральной ваты, масс. %, выглядит следующим образом: SiO_2 – 34-45, Al_2O_3 – 15-24, Fe_2O_3 – 2-11, $(\text{CaO} + \text{MgO})$ – 20-35, $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ – 1-7.

До недавнего времени в России около 80 % минеральной ваты производилось из доменных шлаков, что обусловлено более высокой производительностью печей для получения минерального расплава из металлургических шлаков (по сравнению с природным сырьем) и пониженной себестоимостью. Для получения минеральной ваты также применяются шлаки ваграночные, мартеновские и цветной металлургии.

В данной работе использовали отвальный медеплавильный шлак, химический состав которого, масс. %, следующий: 34-38 SiO_2 ; 3-4 CaO ; 4-5 Al_2O_3 ; 47-50 FeO ; 3-5 ZnO ; до 0,4 Cu ; 0,5-1,2 S .

В качестве корректирующих компонентов шихты рассмотрены габбро, доломит, диатомит, кварцевый песок и полевошпатная смесь (ПШС), все сырьевые материалы – месторождений Уральского региона.

Исследования велись для четырех составов шихт, состав которых приведен в таблице.

Номер шихты	Содержание компонентов, масс. %					
	Шлак	Доломит	Габбро	Песок кварцевый	Диатомит	ПШС
1	10	20	70	–	–	–
2	21	41	–	38	–	–
3	19	43	–	–	38	–
4	20	39	–	–	–	41

Шихта № 1 на основе габбро характеризуется повышенным содержанием оксида алюминия и, по сравнению с другими составами, пониженным количеством оксида кремния. Шихта № 2, в которой в качестве кремнеземистого компонента использовали кварцевый песок, имеет самое высокое количество оксида SiO_2 и наименьшее содержание оксида Al_2O_3 . Шихта № 3, содержащая в качестве кремнеземистого компонента диатомит, характеризуется повышенным содержанием оксидов кремния и магния, пониженным количеством оксида алюминия. Шихта № 4 на основе полевошпатной смеси имеет пониженное содержание оксида кремния, одинаковое количество оксидов алюминия и железа, но, в отличие от других шихт, высокое содержание щелочей.

Наибольший коэффициент кислотности имеют шихты состава № 1 ($M_K=2,03$) на основе габбро и № 2 ($M_K=2,08$) с использованием в качестве крем-

неземистого компонента кварцевого песка, наименьший – шихта № 3 ($M_k=1,65$) при применении диатомита.

Для получения минерального волокна расплав должен иметь вязкость при температуре 1400 °С не выше 1,5 Па·с, а при 1500 °С – 0,5 Па·с. Установлено, что наименьшую вязкость в интервале температур от 1300 до 1400 °С имеет расплав шихты № 3 (на основе диатомита), наибольшую – расплав шихты № 2 (на основе кварцевого песка). Расплавы, полученные из шихт № 1, 3 и 4, имеют вязкость при температуре 1400 °С менее 1,5 Па·с. По сравнению с расплавом № 1 на основе габбро расплавы № 3 и 4 имеют меньшую вязкость (при температуре 1300 °С – не более 1,5 Па·с). При варке необходимо учитывать агрессивное воздействие стекломассы по отношению к огнеупору стекловаренной печи.

Таким образом, для получения минерального волокна могут быть рекомендованы трехкомпонентные шихты № 1 (на основе габбро), № 3 (на основе диатомита) и № 4 (с использованием ПШС).

УВЕЛИЧЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОКРЕКИНГА В СУСПЕНДИРОВАННОЙ ФАЗЕ НА ЗАО «АНТИПИНСКИЙ НПЗ»

*Чистяков К. А., Белоусова О. А., Павлович О. Н.
УрФУ*

На основании анализа существующих схем переработки тяжелых нефтяных остатков, предложена технологическая схема гидрокрекинга гудрона в суспендированной фазе на ЗАО «Антипинский НПЗ» [1, 2]. Достоинства схемы – глубокая конверсия сырья (97-98 %), минимальный выход побочных продуктов, высокое качество получаемых легких фракций.

Активной фазой процесса является катализатор – молибденит (MoS_2) без носителя в форме нанопластин, образующихся на месте из нефтерастворимых первичных форм [2]. Наблюдения с помощью электронной микроскопии (просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения) выявили превосходную дисперсию катализатора. Большая часть MoS_2 присутствует в виде одиночных изолированных пленок. Явления наслоения (частицы из 2-3 пленок) охватывают лишь незначительную часть катализатора.

Поскольку металлы осаждаются в виде сульфидов, образующих отдельные фазы без интерференции с обнаженными активными центрами MoS_2 , катализатор практически не подвергается изменению в течение всего процесса, таким образом, исключается старение катализатора. Не требуется замена катализатора (и соответствующие выключения установки), типичные для всех каталитических процессов гидропереработки. В противоположность традиционным катализаторам на носителях, используемым в реакторах со стационарным и кипящим слоем, новый катализатор гидрокрекинга в суспендированной фазе не испытывает проблем забивки, обусловленной отложениями металлов и кокса в порах носителей. Снижение действия кокса, большая площадь поверхности и отсутствие диффузионных сопротивлений массопередаче помогают катализа-

тору быть более активным, чем катализаторы на носителях. Очень высокая удельная активность позволяет сохранять концентрацию катализатора на уровне нескольких тысяч млн^{-1} . Регулирование температуры с диспергированным катализатором однородное, тогда как катализатор на носителе может подвергаться местным перегревам. Применение суспендированных катализаторов без носителей особенно полезно в случае сырья, содержащего высокую концентрацию загрязнителей, в частности металлов и асфальтенов, в частности гудрона.

Превращение тяжелых продуктов в дистиллят инициируется термически через разрыв С-С связей и образование свободных радикалов. Реакции поглощения водорода быстро прекращаются и избегают механизма цепной реакции через β -расщепление свободных радикалов и их рекомбинацию, которая ведет к образованию кокса. Расстояние между пластинками MoS_2 в суспендированной фазе на несколько порядков ближе к размеру молекулы нефти, чем у любого катализатора на носителе. Это сокращает момент времени между образованием радикала и гидрогенизации на катализаторе, ограничивая тем самым образование кокса.

На установке предполагается перерабатывать 500 т в сутки гудрона (табл.1).

Таблица 1

Выход продуктов в процессе гидрокрекинга

Продукт	Выход, % мас.
Сероводород	2,2
Аммиак	0,8
Газы $\text{C}_1 - \text{C}_4$	4
Фракция (190-250 °С)	15
Фракция (270-340 °С)	53
Рециркулят (340 – 500 °С)	25

Расход водорода в процессе составляет 2,58 % [2].

Производительность реактора по сырью равна 620 т/сутки. Исходя из того, что плотность сырья равна 975 кг/м^3 , в реактор поступает $635,9 \text{ м}^3$ сырья.

Из рециркулята производится отбор остаточных углеводородов и металлов в размере 7 % от сырья [2], следовательно, рециркулята должно поступать 120 т в сутки. На рециркуляцию идет фракция 340–500 °С.

Кратность рециркуляции водорода равна $1200 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [2]. При плотности водорода $0,09 \text{ кг/м}^3$ [3] массовый расход водорода, поступающего в реактор, равен 68,68 т в сутки.

Отношение катализатора к сырью равно 1:1000 [2]. Катализатор расходуется только во время продувки (отвод остаточных углеводородов и металлов), которая составляет 7 % от сырья [1], что соответствует 35 т/сут. На продувку идет тяжелый, непрореагировавший остаток, в котором и содержится катализатор (табл. 2).

Материальный баланс процесса гидрокрекинга

Статьи прихода			Статьи расхода		
Продукт	Кол-во, т/сут.	%, мас.	Продукт	Кол-во, т/сут.	%, мас.
1. Сырье:			1. Газы C_1-C_4	24,80	3,70
- свежее сырье	500	72,75	2. Фракция (190-250 °С)	93,0	13,87
- фракция (340–500 °С)	120	17,46	3. Фракция (270-340 °С)	328,60	49,0
2. Водород:			4. Сероводород	13,64	2,03
- свежий	16	2,33	5. Аммиак	4,96	0,74
- рециркулирующий	50,68	7,37	6. Водород на рециркуляцию	50,68	7,57
3. Катализатор:			7. Рециркулят:		
- свежий	0,035	0,005	- фракция (340 –500 °С),	120,0	17,89
- рециркулирующий	0,585	0,085	в том числе:		
			- катализатор	0,585	0,087
			- остаточные УВ + Ме,	35,0	5,22
			в том числе:		
			- катализатор	0,035	0,005
Итого:	687,30	100	Итого:	670,68	100

Невязка баланса равна 2,4 %, что находится в пределах допустимого.

Преимущества проектируемой технологии следующие. Получающиеся фракции качественно отличаются от исходного сырья: – удаление металлов на 99 %; – снижение содержания коксового остатка по Конрадсону на 97 %; – снижение содержания серы на 85 %; – снижение содержания азота на 40 %. Из сырья по ходу процесса удаляются гетероатомы (серы, азота и кислорода), уменьшается содержание асфальтенов и металлов, также увеличивается соотношение Н/С.

Таким образом, выбранная технология гидрокрекинга гудрона в суспендированной фазе является современной, позволяющей максимально использовать тяжелое нефтяное сырье и, несмотря на малое внедрение этой технологии в настоящее время (построено лишь несколько опытных установок), в ближайшем будущем она станет основной технологией, увеличивающей глубину переработки нефти.

Библиографический список

1. Левинтер М.Е., Ахметов С.А. Глубокая переработка нефти. М.: Химия, 1992. 224 с.
2. Облагораживание сверхтяжелого сырья гидрокрекингом // Нефтегазовые технологии. 2010. № 6. С. 82-84.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский. 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. 496 с.

НИЗКОЭНЕРГОЕМКИЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА

*Чистякова Е.К., Сумина Е.А., Фролова М.М., Власова С.Г.
УрФУ, e-mail: vlassvet@k66.ru*

В последнее время очень популярной стала технология спекания стекол для создания архитектурно-строительных и художественных изделий, интерьерных аксессуаров (обрамления зеркал, светильники, настенные панно), облицовочной плитки, которые широко используются в строительстве и быту. Процесс спекания цветных и бесцветных листовых стекол по технологии «фьюзинг» заключается в том, что на слой цветного или бесцветного стекла укладывается цветная стеклянная мозаика и спекается. Изготовление стеклянных изделий по этой технологии является энерго- и ресурсосберегающим, так как температуры спекания намного ниже температур варки стекла и не превышают 800-850 °С, а для нанесения рисунка, создания многослойной картины можно использовать стекольный бой разных оттенков. Это важно, поскольку отчасти решается вопрос утилизации отходов стекольной промышленности.

Таким образом, «фьюзинг» представляет собой процесс сплавления нескольких стеклянных элементов в печи и состоит из последовательных операций: нагревание с определенной скоростью, выдержка при максимальной температуре, затем быстрое охлаждение до температуры отжига, выдержка при этой температуре для снятия остаточных напряжений в стекле и охлаждение до комнатной температуры.

Целью исследовательской работы являлось изучение тепловых свойств стекол, без чего невозможно избежать брака при изготовлении изделий, связанного с растрескиванием. Необходимо изучить, насколько согласованы по тепловому расширению слои стекла (цветные прозрачные, глушеные и бесцветные); отработать температурно-временной режим спекания и отжига.

За время работы были исследованы более 40 образцов стекол отечественного и зарубежного производства, определен химический состав представленных стекол, теоретически для них рассчитаны по методу Аппена теплофизические свойства. Экспериментально исследовали тепловое расширение на dilatометре ДКВ-4: по dilatометрическим кривым определены характеристические температуры стеклования T_g и начала размягчения T_w , рассчитаны термические коэффициенты линейного расширения (ТКЛР). Данные представлены в таблицах 1 и 2.

Зная температуру стеклования, можно определить высшую температуру отжига и рассчитать весь режим отжига, что оказалось на поверку очень непростым делом, т.к. в спекании «участвуют» стекла разной толщины и разного химического состава. По температуре размягчения отдельного стекла определяли самую высокую «точку» собственно спекания всего изделия.

Таблица 1

Теплофизические свойства отечественного листового стекла

Страна-производитель	ТКЛР·10 ⁷ , 1/град	T _g , °C	T _ω , °C	Внешний вид, цвет
Старь – стекло Россия	87	464	560	прозрачное
	95	468	500	красное
	95	508	540	темно-зеленое
	96	344	540	лимонное
	97	452	520	желто-коричневое
	97	416	520	голубое
	98	372	540	охра
	98	372	540	бежевое
	101	396	540	фиолетовое
Ирбит	88	496	540	бесцветное
Бор	88	404	560	бесцветное
Саратов	96	488	560	прозрачное серое
	100	508	560	прозрачное бежевое
Белоруссия	96	344	540	прозрачное желто-коричневое

Таблица 2

Теплофизические свойства зарубежного листового стекла

Страна-производитель	ТКЛР·10 ⁷ , 1/град	T _g , °C	T _ω , °C	Внешний вид, цвет
1. США	95	500	560	прозрачное
	100	440	520	бесцветное
	102	460	520	фиолетовое
	103	392	460	темно-зеленое
	105	360	460	лимонное
	105	396	500	красное
	105	396	500	голубое
	108	464	500	желто-коричневое
США	89	480	520	глушеное
	90	470	540	бело-фиолетовое
	90	486	530	синее
	92	430	490	фиолетовое
	94	428	520	желтое
	97	410	520	белое
	98	440	520	зеленое
	98	433	510	сине-зеленое
	98	440	540	бордовое
	101	447	500	бело-голубое
	101	447	500	оранжевое
	104	410	510	бордово-синее
2. Германия	89	448	560	прозрачное серое
3. Польша	90	468	560	прозрачное охра
	97	400	560	бесцветное
4. Китай	93	392	580	бесцветное
5. Чехия	96	476	580	бесцветное

Анализируя полученные на этом этапе экспериментальной работы данные, можно сделать выводы, а также дать некоторые рекомендации производителям художественных накладных стеклоизделий.

Многообразием цвета отличаются Старь-стекло (интервал значений ТКЛР для этих стекол составляет $(87 \div 101) \cdot 10^{-7}$ 1/град, причем самое высокое значение – для бесцветного стекла) и стекла американского производства, значения ТКЛР у которых – самые высокие для цветного, бесцветное стекло имеет низкое значение ТКЛР. Следовательно, при спекании цветного Старь-стекла и американского бесцветного, польского или чешского будет достигнута согласованность по тепловому расширению, их можно рекомендовать для спекания между собой. Наиболее приемлемо (надежно) спекание деталей одного и того же стекла разных толщин с получением различных форм и орнаментов, добиваясь игры света, например, при изготовлении строительной плитки.

На практике возникают большие трудности со спеканием стекол красных (самое низкое значение ТКЛР) и желтых оттенков с другим цветом, что связано с отличием их химического состава. При высоких температурах и продолжительном цикле спекания значительно повышаются потери красителя, ухудшаются цветовые характеристики стекла.

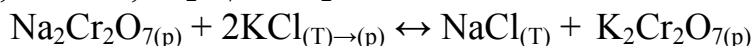
Определены температуры отжига для каждого образца. Высшая температура отжига для большинства непрозрачных стекол лежит в интервале 480–530 °С, для прозрачных – в интервале 500–550 °С.

Практические результаты показали, что согласованность слоев стекол по термическому расширению, а также правильно проведенный отжиг, существенно влияют на качество художественных изделий.

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИХРОМАТА КАЛИЯ

*Шакирова А. Н., Коснырев Г. Т.
УрФУ*

Бихромат калия ($K_2Cr_2O_7$) – один из многотоннажных хромовых продуктов, широко используемый во многих отраслях промышленности и других сферах производства и потребления. Наиболее рациональным способом его производства является синтез по обменной реакции в четырехкомпонентной взаимной системе $Na^+, K^+ / Cl^-, Cr_2O_7^{2-} - H_2O$



В соответствии с диаграммой фазового равновесия в интервале температур 25–110 °С стабильной парой солей будут $K_2Cr_2O_7$ и NaCl. Наименьшей растворимостью при этом обладает бихромат калия. Однако даже при охлаждении горячей суспензии до 25–32 °С обменного разложения в ней остается значительное количество как непрореагировавшего $Na_2Cr_2O_7$, так и растворенного $K_2Cr_2O_7$ в маточном растворе, что обуславливает необходимость возвращения бихроматов «в голову» процесса.

В цикле синтеза «чернового» продукта $K_2Cr_2O_7$ на стадии отстаивания суспензии обменного разложения получают сгущенную пульпу и раствор $K_2Cr_2O_7$, которые отделяют друг от друга. В данной операции в осветленный раствор $K_2Cr_2O_7$ переходит большая часть последнего, почти полностью растворенные $Na_2Cr_2O_7$ и Na_2SO_4 и приблизительно половина $NaCl$.

Маточные растворы после центрифугирования и извлечения суспензии из кристаллов $NaCl$, а также маточные растворы, полученные после «черновой» кристаллизации $K_2Cr_2O_7$ и последующего отделения их на патронных фильтрах, возвращаются на стадию обменного разложения, поскольку содержат значительное количество $Na_2Cr_2O_7$ и $K_2Cr_2O_7$. С учетом необходимости возвращения маточных растворов в реактор обменного разложения (РОР) степень конверсии исходных растворов не может быть равна нулю и по данным предприятия составляет 19,06 % отн.

Конечная степень конверсии $Na_2Cr_2O_7$ в $K_2Cr_2O_7$ после отстойника составляет 78,14 % отн., что сопоставимо с показателем одного из лучших циклов (79,4 % отн.). Технологический режим конверсии позволяет из всего загруженного в РОР $Cr_2O_7^{2-}$ конвертировать 59,08 % отн. последней в дополнительное количество $K_2Cr_2O_7$. Масса $K_2Cr_2O_7$, конвертированного из $Cr_2O_7^{2-}$ в РОР, составит 1051,9 кг на тонну товарного бихромата калия.

Суммарные потери $Cr_2O_7^{2-}$ в технологии составляют 8,096 % отн. Из них наибольшая часть приходится на потери с $K_2Cr_2O_7$ (5,061 % отн.), далее – с $Na_2Cr_2O_7$ (2,95 % отн.) и, кроме того, неучтенные потери (0,085 % отн.).

В количественном выражении по технологическим данным в расчете на 10^3 кг товарного $K_2Cr_2O_7$ эти потери составляют 54,9 кг $K_2Cr_2O_7$ (или 40,306 кг $Cr_2O_7^{2-}$) и 28,5 кг $Na_2Cr_2O_7$ (или 23,498 кг $Cr_2O_7^{2-}$).

Наибольшая часть потерь $Na_2Cr_2O_7$ приходится на механические потери при загрузке РОР и связаны с пылением (21,2 кг/1 т $K_2Cr_2O_7$) порошкообразного $Na_2Cr_2O_7$. Эти потери можно устранить посредством герметической загрузки $Na_2Cr_2O_7$ из контейнеров в растворитель с оборотными растворами и последующим перекачиванием их в РОР. Механические потери бихроматов на стадиях центрифугирования при отделении осадка $NaCl$, а также при извлечении товарного $K_2Cr_2O_7$ можно существенно уменьшить посредством улавливания их в локальных аспирационных системах и последующего возвращения их в цикл в составе оборотных растворов. Эти мероприятия позволяют существенно (на 25-28 кг хроматов) сократить потери, снизить расходный коэффициент по $Na_2Cr_2O_7$ и снизить себестоимость продукта.

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ ПОСЕЛКА КАРГОПОЛЬЕ

*Шамова К.В., Дубровина О. Б.
УрФУ, e-mail: olgadubrov@mail.ru*

Анализ состояния существующих очистных сооружений канализации показал, что в сложившейся ситуации при неудовлетворительной эксплуатации,

устаревшей конструкции и технологии очистки ОСК МУП «ЖКХ» поселка Каргаполье (Курганская область) работает недостаточно эффективно. Кроме того, увеличился расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Фактически на текущий период они принимают в среднем 600 м³/сут. Состав существующих очистных сооружений:

- одноэтажное прямоугольное здание, с размерами в плане 9х12 м;
- приемная камера;
- две (обогреваемые в зимнее время) компактные установки КУ-200, установленные в ангаре;
- иловые площадки;
- биопруды;
- контактный резервуар.

Существующая схема очистки сточных вод сочетает механическую и биологическую очистку.

Общий коэффициент неравномерности притока составляет 2,4. Для получения стабильной устойчивости очистки (коэффициент неравномерности 1,5) предусмотрена установка камеры усреднения.

Механическая очистка осуществляется на решетках с прозорами – 8 мм. Удаление отбросов выполняет оператор очистных сооружений (ОС) вручную. Влажность снимаемых отбросов до 89 %, относительная плотность 0,8 кг/дм³, зольность до 10 %.

После решеток осветленные сточные воды поступают на компактные установки КУ-200, предназначенные для полной биологической очистки, где в присутствии кислорода воздуха происходит окисление органики.

Продолжительность пребывания сточной жидкости в зонах аэрации – одни сутки, в зоне отстаивания – 1,5 часа по максимальному часовому притоку. Подача воздуха производится от воздуходувок роторного типа (2 рабочих, 2 резервных), производительностью 105 л/с.

Избыточный активный ил, образующийся в процессе очистки, 2 раза в неделю удаляется на иловые площадки.

Очищенная сточная вода после компактных установок поступает в биопруды – 4 небольших озера. Из биопрудов по руслу ручья Поцелуйка очищенные сточные воды попадают в р. Миасс.

Иловые площадки приняты на естественном основании с дренажем. Размеры иловых карт составляют 10х19 м (4 шт.) и общая площадь – 760 м². Удаление дренажной воды осуществляется в контактный резервуар, который предназначался для 30-ти минутного обеззараживания сточных вод. В настоящее время обеззараживание сточных вод не производится.

На выпуске расход сточных вод не измеряется и рассчитывается по договорным объемам водоотведения.

Показатели эффективности очищения сточных вод приведены в таблице.

Показатель	Вход, мг/дм ³	Выход, мг/дм ³
Температура, °С	10	10
Взвешенные вещества	413,0	38,4
Сухой остаток	1895,0	1717,1
БПК _п	393,8	55,7
Хлориды	374,5	354,8
Сульфаты	112,7	101,0
Аммоний-ион	103,6	80,7
Нитрит-ион	0,006	0,02
Нитрат-ион	0,02	0,41
Фосфаты (по Р)	8,0	6,6
Нефтепродукты	0,33	0,2

Как видно из таблицы, поселковые сточные воды, поступающие на очистные сооружения, содержат значительное количество загрязняющих веществ, т.е. являются высококонцентрированными. Низкую эффективность очистки по взвешенным веществам вызывает отсутствие песколовки и первичных отстойников. Недостаточная эффективность по иону аммония указывает о полном отсутствии процесса нитрификации.

Учитывая несоответствие оптимальных параметров эффективности биологической очистки требованиям по качеству очищенных сточных вод для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения, физический износ сооружений, отсутствие обеззараживания, принято решение о ликвидации существующих очистных сооружений и проектировании новых.

Предлагается современная схема полной биологической очистки с применением метода SBR (Sequencing Batch Reactor). Сооружения, построенные по этому принципу, отличаются от традиционных сооружений проточного действия тем, что процесс биологической очистки происходит последовательно в одной единственной емкости. Полностью автоматизированная система управления позволяет измерять любые параметры и, таким образом, регулировать качество сливаемой воды. Основные технические параметры (соотношение зон анаэробной, анноксидной, аэробной, возраст и доза ила, коэффициент рециркуляции) будут получены при расчете проекта. Схема включает следующие сооружения: решетки с прозорами от 1 до 3 мм, тангенциальные песколовки, реактор SBR, блок доочистки на фильтрах с плавающей загрузкой, аэробный стабилизатор, блок обезвоживания ИАИ, блок УФ-обеззараживания.

Управление технологическим процессом осуществляется с помощью специального контроллера.

Современные технологические процессы требуют новые конструкции перемешивающего оборудования с оптимальным расходом энергии. Предлагаем использовать оборудование компании KSB: мешалки Amamix с высоким КПД, погружные насосы Amailne. За счет высокого КПД требуется меньшее количество мешалок, благодаря чему сокращаются инвестиционные и эксплуатационные расходы. Подбор погружного перемешивающего оборудования осуществляется при помощи специальной компьютерной программы «Offert Mixrs», разработанной специалистами фирмы.

Таким образом, можно сделать вывод – предложенная схема является энергосберегающей технологией глубокой биологической очистки малых количеств сточных вод:

- автоматическое регулирование мощности в зависимости от количества поступающих сточных вод дает экономию электроэнергии, экономию ресурса работы компрессора и перемешивающего оборудования;
- очистка сточных вод происходит до состояния продуктов потребления – технической воды и органоминерального удобрения.

О СНИЖЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЭГИРИНА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ СПОСОБОМ

*Шопперт Н.В., Колесникова, М.П. Никоненко Е.А.
УрФУ, kolesnikovamp@land.ru*

Бокситовый (красный) шлам получают как отход переработки основного сырья для алюминия – боксита. При переработке бокситов по способу Байера на каждую тонну глинозема получается более тонны красного шлама, а в способе спекания – до 2,5 т. Основными составляющими красных шламов являются соединения железа, кремния, кальция, алюминия. Рудными материалами являются гидроксиды алюминия, а основными примесями – кремнезем, оксиды железа и титана. Основная масса бокситовых шламов сливается в отвалы.

В данной работе рассмотрена возможность использования шлама для получения пигмента зеленой окраски, основной составляющей которого служит эгирин $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$. Выбор пигмента для синтеза обусловлен значительным содержанием оксидов железа, кремния и натрия в бокситовом шламе. Для сравнительного анализа энергозатрат использовали два варианта получения эгирина: спекательный и гидротермальный.

Обычно эгирин получают сплавлением соответствующих количеств кремнезема, гематита, соды и хлористого натрия [1]. Авторами данной работы синтезирован эгирин спекательным способом с использованием красного шлама [2].

Принципиальная возможность получения эгирина в гидротермальных условиях была определена при исследовании разрезов систем силикат натрия – хлорное железо – щелочной раствор [3]. Есть сообщения о получении присыпок эгирина при обработке кварца в щелочной среде в стальных стаканах при температуре 380...400 °С и давлении 700–1900 атм. [4]. На основании выше указанных исследований был получен эгирин в сильно щелочной среде [5], при этом использовали гидроксид железа (III), осажденный из раствора хлорного железа аммиаком при $\text{pH} = 8$, и аморфную кремниевую кислоту. Вещества, взятые в необходимом молекулярном отношении, подвергали 3-часовой обработке щелочным раствором, содержащим 100 г/л Na_2O , в автоклавах при 280 °С. Анализ химического состава показал соответствие формуле, принятой для пироксенов $\text{Na}_{1,08}\text{Fe}^{3+}_{1,08}\text{Si}_{1,92}\text{O}_{6,0}$ [6]. В этой же работе проведен термографический анализ, и выявлено соответствие природного и синтезированного эгирина. Рентгенографическое и спектроскопическое исследование показало идентич-

ность по набору основных полос, частоте, интенсивности синтезированного авторами и природных эгиринов (таблица).

Искусственный эгирин был получен в системе Si, Fe, Na, H₂O при температуре не ниже 200 °С в смеси с плохо кристаллизированным феррипирофиллитом Fe₂Si₄O₁₀(OH)₂, но его количество было менее 30 % [7]. Анализ взаимодействий в системах Na₂O-Fe₂O₃-SiO₂-H₂O в условиях глиноземного производства при температуре 200-280 °С и концентрации Na₂O ниже 200 г/дм³ показывает возможность образования безводного ферросиликата натрия (эгирин), химический состав которого в % (масс.): 47–47,36 SiO₂; 35,5–37,01 Fe₂O₃; 12,88–13,6 Na₂O; 1,6 п.п. [8]. Содержание его в осадках при концентрации раствора 100 г/л Na₂O составляет 30–35 %, 150 и 200 г/л Na₂O – 15 и 8 % соответственно, что подтверждает неустойчивость соединения в щелочной среде. В концентрированных щелочных растворах (выше 300 г/л Na₂O) эгирин не образуется. В растворах 500 г/л Na₂O образуется гематит, поэтому одновременно с эгирином в осадках присутствуют водные окислы железа.

Нами были проведены опыты по получению эгирина гидротермальным способом, используя в качестве основного компонента красный шлам – отход глиноземного производства с подшихтовкой диоксидом кремния и гидроксидом натрия в стехиометрическом соотношении. Вещества, взятые в необходимом молекулярном отношении, подвергали 3-часовой обработке щелочным раствором, содержащим 100 г/л Na₂O, в стальных автоклавах при 280 °С. Содержание эгирина в осадках составляло 28–30 %, осадки подвергнуты рентгенографическому исследованию, результаты представлены в таблице.

Результаты рентгенографического исследования синтезированного эгирина

Эгирин (A.S.T.M. 1916-1954)		Эгирин природный [5]		Эгирин, полученный гидротермальным способом [4]		Эгирин, получен- ный из шлама	
I	dα/n	I	dα/n	I	dα/n	I	dα/n
40	6,54	43	6,36			30	6,34
40	4,5	24	4,42	47	4,4	30	4,4
10	4,05	-	-	-	-	-	-
10	3,68	9	3,60			10	3,65
100	3,01	100	2,98	100	3,00	100	3,00
70	2,92	47	2,91	44	2,8	50	2,9
100	2,54	38	2,52			90	2,55
60	2,48	36	2,47			50	2,48
10	2,29	17	2,196	20	2,27	20	2,24
40	2,21	11	2,19	19	2,21	30	2,22
-	-	17	2,11			30	2,13
40	2,03	10	2,01	24	1,98	20	2,04
10	1,94	50	1,93	13	1,94	20	1,94
10	1,9	3	1,88	-	-	-	-
10	1,82	3	1,82	-	-	-	-
20	1,73	10	1,73	30	1,73	40	1,73
-	-	10	1,72	-	-	30	1,69
-	-	6	1,65	10	1,67	30	1,66
-	-	13	1,63	20	1,64	30	1,64

Результаты проведенного исследования показывают возможность получения эгирина гидротермальным синтезом из отходов глиноземного производства – красного шлама.

Известно, что при спекании бокситовой шихты топливно-энергетические расходы в два раза превышают расходы гидрохимической ветви [9]. Аналогично, при сравнительном анализе энергозатрат спекательного и гидротермального способов получения эгирина было выявлено, что гидротермальный способ приводит к значительному удешевлению стоимости пигмента.

Библиографический список

1. О получении эгирина / Н.В. Шопперт [и др.]; УГТУ-УПИ. М., 2008. 38 с. Деп. в ВИНТИ 08.02.08. № 97-В2008.
2. Создание экологически безопасной технологии производства керамических пигментов из отходов производства алюминия / Н.В. Шопперт [и др.] // Экология и жизнь: сб. статей XVIII Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. С. 166-168.
3. Соколова Е.И. Ферросиликатные и ферросиликатные сульфатные и хлоридные системы равновесия / Е.И. Соколова, Л.П. Листова, А.З. Вайнштейн. М.: Тр. Геол. инст. АН СССР, 1956. Вып. 3.
4. Цыганов Е.М. Включения акмита в искусственных кристаллах кварца. / Е.М. Цыганов, Ж.В. Новожилова. Зап. Всесоюз. Минер. Общ. Ч. 95. Вып. 3.
5. Гольдман М.М. Об эгирине, полученным способом гидротермального синтеза / М.М. Гольдман, Л.В. Бунчук, Л.П. Ли // Записки ВМО. 1968. Вып. 4. С. 497–500.
6. Berman H. Constitution and classification of the natural silicates / H. Berman // Amer. Miner. 1937. V. 22.
7. Decarreau A. Hydrothermal synthesis of aegirine at 200 °C / A. Decarreau, S. Petit, P. Vielard, N. Dabert // European Journal of Mineralogy. February 2004. V. 16. № 1. P. 85-90.
8. Ни Л.П. Окислы железа в производстве глинозема / Л.П. Ни, М.М. Гольдман, Т.В. Соленко, Л.В. Бунчук, О.Б. Халяпина. Алма-Ата: Наука, 1971.
9. Лайнер А.И. Производство глинозема / А.И. Лайнер, Н.И. Еремин, Ю.А. Лайнер, И.З. Певзнер. М.: Metallurgia, 1978. 344 с.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА СУХОЙ ОБЛИЦОВОЧНОЙ СМЕСИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ШЛАК МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Шуров А.С., Доманская И.К.
УрФУ, e-mail: i.k.domanskaya@mail.ru*

В соответствии с ГОСТ 31189 смеси сухие облицовочные клеевые – это смеси, предназначенные для крепления на поверхности конструкций отделочных штучных изделий из искусственных и природных материалов. В качестве мелких заполнителей в их составе традиционно используют природные пески или фракционированные отсеvy горных пород.

В данной работе исследовали возможность использования предварительно фракционированного шлака медеплавильного производства (в дальнейшем – медный шлак) в качестве мелкого заполнителя в сравнении с природными мелкими заполнителями одинаковой крупности (0–0,63 мм) (таблица).

Сравнительная характеристика мелких заполнителей

Но- мер	Заполнитель	Насыпная плотность кг/м ³	Содержание фракций, %				Модуль крупности
			0,63	0,315	0,16	<0,16	
1.	Песок Басьяновского месторождения (П1)	1340	2,0	53,3	40,7	4,0	1,53
2.	Медный шлак (П2)	1790	7,4	12,7	26,3	54,0	0,75
3.	Кварцевый отсев ОАО «Гора Хрустальная» (П3)	1300	2,4	85,5	8,9	3,2	1,88

Шлаки, используемые в производстве строительных материалов должны иметь устойчивую структуру, определяемую различными распадами. Наиболее вероятными для рассматриваемого шлака могут быть:

- железистый – распад вследствие перехода сульфида железа FeS под действием влаги в $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и H_2S со значительным увеличением объема вещества;
- силикатный – распад в порошок при переходе двухкальциевого силиката из β -формы в γ -форму, сопровождаемый также значительным увеличением объема вещества.

Стойкость шлаков определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9758 на примере фракции $>2,5$ мм: к железистому – по потере массы навески шлака до и после 30-суточного хранения в дистиллированной воде; к силикатному распаду – по потере массы навески шлака до и после проведения трехкратного попеременного пропаривания в течение 3 часов и охлаждения. Проведенные эксперименты показали, что медный шлак является стойким к обоим видам распада, т.к. масса навесок шлака после испытаний не изменилась (в соответствии с ГОСТ 5578-94, потеря массы шлаков при определении стойкости против силикатного и железистого распадов должна быть не более 5 и 8 %, соответственно).

Для изготовления сухой облицовочной смеси использовали 30 % портландцемента и 70 % заполнителя. Модифицирующие добавки добавляли сверх 100 %. Исследование проводили на равноподвижных смесях, подвижность которых контролировали на встряхивающем столике по диаметру расплыва образующейся из раствора лепешки.

Выбор модифицирующих добавок проводили с учетом вида мелкого заполнителя по результатам математического планирования эксперимента по методу «латинских квадратов». Испытывались эфиры целлюлозы торговых марок Rutacel, Vermocoll, а также карбоксиметилцеллюлоза российского производства. В качестве редиспергируемых полимерных порошков (РПП) применяли продукцию торговой марки DAIREN на основе сополимера винилацетата/этилена (компания DCC, Тайвань).

При планировании эксперимента зависимой переменной служила прочность образцов при сжатии в возрасте 7 суток (R_{s7}) (критерий оптимальности), в качестве независимых переменных X_1 – вид мелкого заполнителя; X_2 – тип водоудерживающей добавки; X_3 – тип РПП.

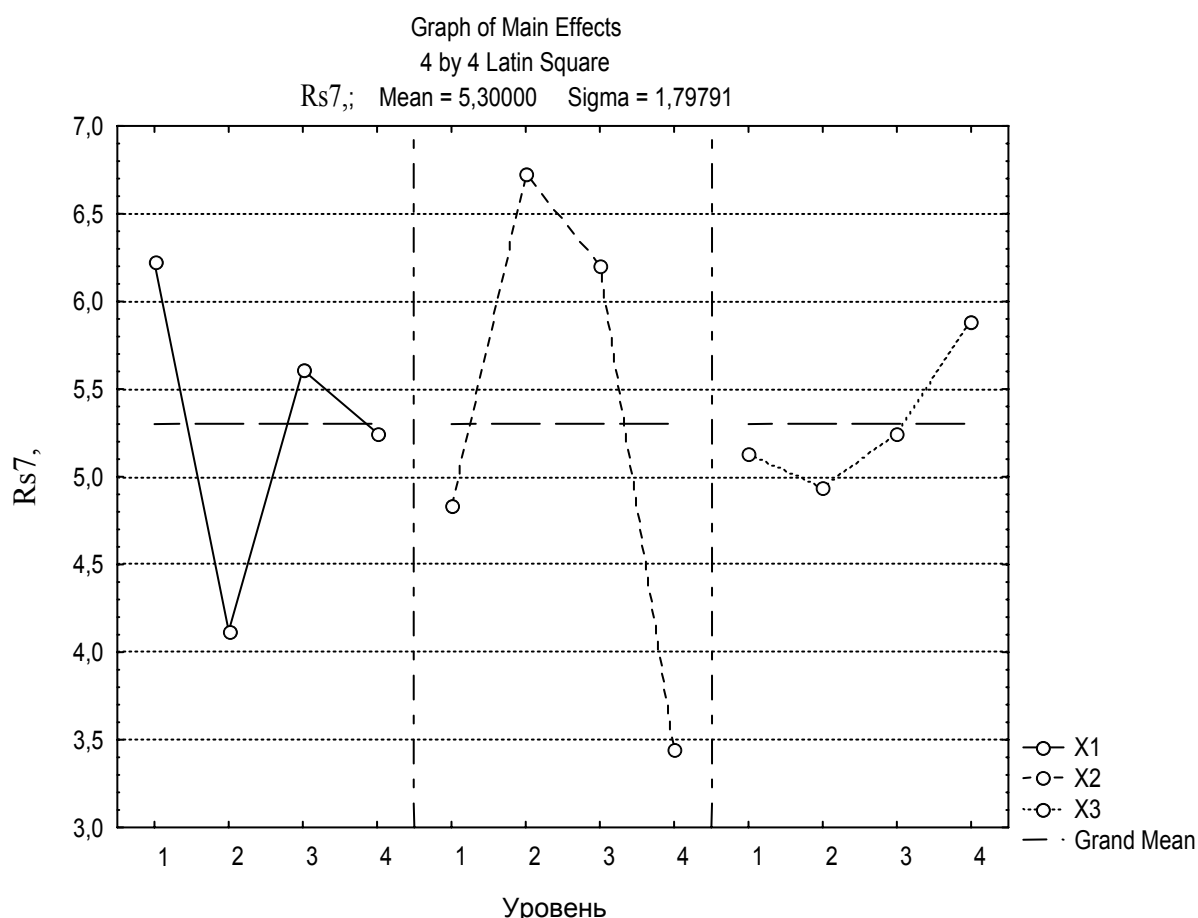
Уровни фактора X1: 1 – песок басыяновский (П1);
 2 – купрумшлак фракции 0-0,63 (П2);
 3 – кварцевый отсев; (П3);
 4 – смесь П1 и П2 в соотношении 50:50 (П4).

Уровни фактора X2:
 1 – Bermocoll 662;
 2 – Rutocel 60RT 25000;
 3 – Rutacel 75RT 70000;
 4 – измельченная карбоксиметилцеллюлоза

Уровни фактора X3: 1 – DAIREN 2200;
 2 – DAIREN 1400;
 3 – DAIREN 3510;
 4 – без полимерной добавки.

Установлено, что максимальной удобоукладываемостью и прочностью в присутствии добавок-модификаторов характеризуются растворы на основе песка басыяновского, минимальной – на медном шлаке, что обусловлено высоким содержанием фракции $<0,16$ мм.

Кварцевый отсев обеспечивает прочность полимерсодержащих растворов на 10 % ниже, чем на басыяновском песке, а комбинация басыяновского и шлака, практически, ему не уступает.



X1 – вид песка; X2 – вид водоудерживающей добавки; X3 – вид полимера (РПП)
 Главные эффекты исследованных факторов для прочности

Для фактора X2 (тип водоудерживающей добавки) наблюдается максимальный рост прочности образцов на уровне 2, то есть в присутствии Rutocel 60RT 25000, а КМЦ отечественного производства, как видно из графика (уровень 4) не сопоставим по качеству с импортными эфирами целлюлозы.

Что касается РПП, то наилучшие результаты в случае выбранных заполнителей и цемента, показал DAIREN 3510.

Таким образом, показано, что для изученной комбинации исходных материалов, оптимальным, обеспечивающим удовлетворительные технологические свойства клеевой смеси и экономию природного сырья, является состав на основе комбинированного мелкого заполнителя, содержащего 50 %, басыновского песка и 50 % медного шлака фракции 0-0,63, содержащий в качестве водоудерживающей добавки – Rutocel 60RT 25000, полимерной – DAIREN 3510.

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ И ПЛЕНОК МЕТАЛЛОВ 3d РЯДА

Щукина Н.С.¹, Мангилева Н.А.¹, Карпова Т.С.², Владимирова Е.В.², Васильев В.Г.²

¹УрФУ, ²Институт химии твердого тела УрО РАН

Matilda-89-08@mail.ru

В настоящее время разработано много методов синтеза ультрадисперсных порошков различных соединений. Большинство современных методик достаточно сложные, энергозатратные и требуют применения дорогостоящего оборудования. В качестве альтернативного метода можно предложить получение ультрадисперсных порошков термогидролизом в контролируемой атмосфере. Этот метод был впервые применен нами для получения ультрадисперсных порошков и пленок металлов. Метод термогидролиза основан на том, что при одновременном воздействии температуры и водяного пара соли металлов подвергаются гидролизу с образованием легко восстанавливающихся соответствующих оксидов. При правильно подобранных условиях полученные таким образом металлы обладают высокой химической активностью и находятся в ультрадисперсном состоянии.

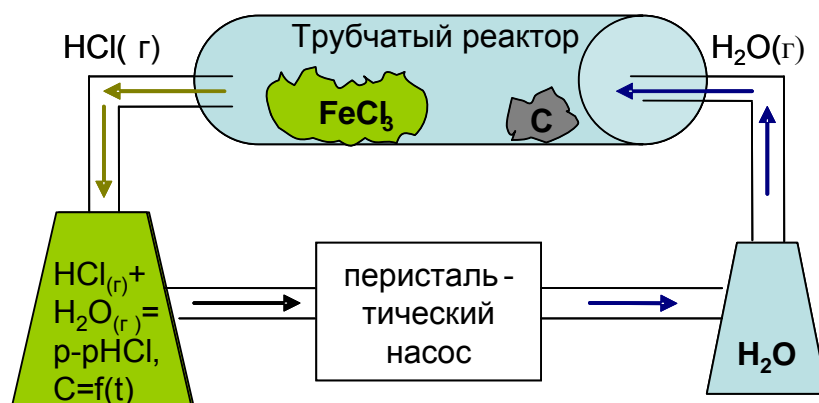
Сущность предлагаемого метода заключается в следующем. Соли, как вещества, состоящие из двух основных частей, иона металла и иона кислотного остатка, реагируют с водой. Такая реакция называется гидролизом. Соли, как твердые вещества, способны так же реагировать и с водой, которая находится в виде газа. Для проведения химической реакции термогидролиза, важно, чтобы один из продуктов взаимодействия находился в газообразном состоянии. Это позволит уносить продукт реакции вместе с током газообразной воды и газаносителя. Для этой цели лучше всего подходят галогениды (хлориды, фториды). В зависимости от природы газа, можно создавать окислительную или восстановительную атмосферу. При окислительной атмосфере (кислород, воздух) после прохождения реакции термогидролиза образуется оксид соответствующего металла.

Выделяющийся хлороводород является токсичным продуктом реакции термогидролиза. Чтобы обезопасить рабочую зону, отходящие газы улавливаются в резервуар с холодной дистиллированной водой. Применение установки

с замкнутым циклом позволяет избежать попадания следовых количеств хлороводорода в атмосферу. Это делает метод экологически безопасным. Также преимуществом метода является его безотходность. Выделяющийся хлороводород можно повторно применить для получения хлоридов металлов.

Схема установки для синтеза ультрадисперсных металлов, или их сложных, или простых оксидов методом термогидролиза в регулируемой атмосфере представлена на рисунке.

Для получения металлов, необходимо создать восстановительную атмосферу. Для этого можно использовать газообразный восстановитель путем нагнетания водорода в зону реакции, но это взрывоопасно, и дорого. Поэтому предпочтительнее использовать твердый восстановитель, такой как активированный уголь (дешевый и экологически безопасный).



Установка для термогидролиза

При правильно подобранных условиях полученные таким образом металлы обладают высокой химической активностью и маленьким размером частиц. Варьируя условиями термогидролиза (температура, восстановительная атмосфера, скорость подачи водяного пара) можно в широких пределах менять фазовый состав, интенсивность и время протекания реакции, морфологию образующихся частиц, управлять агрегацией продукта. Стоит отметить, что температура процесса восстановления не превышает 500 °С. Это относительно невысокие температуры по сравнению с промышленными установками, которые используются на большинстве металлургических предприятий.

Наша разработка относится к порошковой металлургии и может быть использована для производства порошков и пленок 3d металлов, которые могут применяться в порошковой металлургии для улучшения процесса спекания; в химической промышленности – как наполнители полимеров и катализаторы реакций; в технике – как добавки к антикоррозионным покрытиям; в электронике, в строительстве, в медицине и т.д. Предлагаемый метод не требует больших энергетических затрат, имеет простое аппаратное исполнение и не требует уникального оборудования. Это обстоятельство позволяет значительно снизить себестоимость производства, следовательно, появляются преимущества в конкурентной борьбе на рынке.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАОУ ДОД «ДЕТСКО-ЮНОШЕСКАЯ СПОРТИВНАЯ ШКОЛА ПО КОННОМУ СПОРТУ АМР РТ»

*Бадретдинова Р.Р., Ильясова Л.Н., Диденко Е.С., Архипова И.Г.,
Давлетова Л.Р., Вахитова Р.И.*

*Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Дефицит энергоресурсов – одна из реальностей современной России. От того, насколько динамично развивается и устойчиво функционирует топливно-энергетический комплекс, насколько быстро осваиваются и внедряются новые нетрадиционные источники энергии, зависит, в конечном итоге, экономический рост и благополучие населения страны.

Объектом исследования выступила «Детско-юношеская спортивная школа по конному спорту АМР РТ» г. Альметьевск, в которой теплоснабжение АБК – местное, электрическим отопительным котлом серии РусНИТ типа РТ-245, мощностью $N=45$ кВт (один котел – рабочий, один – резервный). Теплоноситель в системе отопления – вода, с параметрами $95-70$ °С. Расход тепла на здание административно-бытового корпуса составляет 30750 ккал/ч или 35670 кВт·ч.

Альтернативным вариантом теплоснабжения объекта рассматриваем установку биогазогенератора – Модуль Б25.

Биогаз используют в качестве топлива для производства: электроэнергии, тепла или пара, либо в качестве автомобильного топлива.

Биогаз плохо растворим в воде, состоит из метана (55-85 %) и углекислого газа (15-45 %), могут содержаться следы сероводорода. Его теплота сгорания составляет от 21 до 27,2 МДж/м³ при переработке 1 т свежих отходов крупного рогатого скота и свиней (при влажности 85 %) можно получить от 45 до 60 м³ биогаза, 1 т куриного помета (при влажности 75 %) – до 100 м³ биогаза. Биогаз, как и природный газ, относится к наиболее чистым видам топлива.

Получение биогаза из органических отходов имеет следующие преимущества.

Экологические: биогазовая станция решает проблему утилизации органических отходов и очистки сточных вод, осуществляется санитарная обработка сточных, содержание органических веществ в них снижается в 10 раз.

Экономические: биогазовые технологии позволяют наиболее рационально и эффективно конвертировать энергию химических связей органических отходов в энергию газообразного топлива и высокоэффективных органических удобрений собственного производства.

Энергетические: биогаз с высокой эффективностью используется для получения собственной тепловой и электрической энергии, а также для заправки автомобилей. Излишки энергии, а также побочная товарная продукция могут быть реализованы на свободном рынке.

Эффективность модулей Б25 достигается за счет стоимости тепла 800 рублей за Гкал с НДС и аммиачной селитры 8000 рублей за тонну с НДС.

Биогазовая установка в настоящее время является характерным элементом современного, безотходного производства во многих областях сельского хозяйства и пищевой промышленности. Если на предприятии есть отходы сельского хозяйства или пищевой промышленности, появляется реальная возможность с помощью биогазовой установки не только значительно сократить расходы на энергию, но и повысить эффективность предприятия, получить дополнительную прибыль, продавая переработанные отходы животного происхождения.

На биогазе работают напольные котлы Viadrus модельного ряда G50, которые обеспечивают потребителю высокий уровень комфорта. Технические характеристики этих приборов позволяют сравнивать их с лучшими европейскими образцами отопительного оборудования. Котлы устойчиво работают с высоким КПД при низком давлении газа.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

*Балтина Е.А., Волкова М.В.
УрФУ, vmv15@mail.ru*

В настоящее время перед человечеством стоят три основные проблемы: снижение выбросов парниковых газов в атмосферу, получение альтернативных видов топлива и увеличение плодородия почв. Причем вторая и третья проблемы тесно взаимосвязаны. Так, перспективным источником энергии считается биотопливо, для получения которого в настоящее время выращиваются технические культуры, что выводит из оборота сельскохозяйственные земли и, в конечном итоге, ведет к удорожанию продуктов питания.

С другой стороны, развитие промышленности приводит к увеличению выбросов парниковых газов, увеличение концентрации которых в атмосфере ведет к изменению климата, проявлению засухи и, в конечном итоге, уменьшению урожая.

Все эти явления наблюдаются на фоне увеличения численности населения Земли. Таким образом, получается замкнутый круг: наращивание производства – увеличение потребляемой энергии – увеличение выбросов парниковых газов – применение биотоплива – выведение из оборота земель под технические культуры – снижение урожая и рост цен на продукты питания. По расчётам экономистов из Университета Миннесоты, в результате биотопливного бума число голодающих на планете к 2025 году возрастёт до 1,2 млрд человек.

Биотопливо — это топливо из биологического сырья, получаемое, как правило, в результате переработки стеблей сахарного тростника или семян рапса, кукурузы, сои.

В настоящее время критики, изучающие развития биотопливной индустрии, заявляют, что растущий спрос на биотопливо вынуждает производителей

сельскохозяйственной продукции сокращать посевные площади под продовольственными культурами и перераспределять их в пользу топливных, что не совсем верно. Например, при производстве этанола из кормовой кукурузы образуется барда – отход производства этилового спирта. Она используется для производства комбикорма для скота и птицы. При производстве биодизеля из сои или рапса получают жмых, используемый для производства комбикорма для скота. То есть производство биотоплива создаёт ещё одну стадию переработки сельскохозяйственного сырья.

В Индонезии и Малайзии для создания пальмовых плантаций была вырублена немалая часть тропических лесов. Причиной стала гонка за производством биодизеля – топлива, созданного на основе растительных или животных жиров, в качестве альтернативы дизельному топливу.

Невысокая себестоимость и небольшие энергозатраты – то, что нужно для производства альтернативного топлива из полутехнических масличных культур.

С одной стороны, увеличение посевных площадей под технические сорта приведет к тому, что будут заняты плодородные земли, пригодные для производства пищевых продуктов. С другой – по оценкам Bank of America Merrill Lynch, прекращение производства биотоплив приведёт к росту цен на нефть и бензин на 15 %. Но потребители, особенно в бедных развивающихся странах, окажутся под двойным ударом, если возрастут цены и на пищевые продукты, и на нефть. Согласно подсчетам Всемирного банка, в 2009-м году 2,7 млрд человек в мире жили менее, чем на два доллара США в день, и даже незначительное повышение стоимости основных зерновых культур обернется для них катастрофой.

Таким образом, необходимо искать иные пути получения этанола (биоэтанола).

В настоящее время разработано и успешно применяется несколько технологий получения биотоплива. Основными из них являются следующие:

- производство топлива из отходов сельскохозяйственного производства;
- добавление биологических компонент в традиционные виды топлива;
- химический синтез горючего.

В случае получения биотоплива из отходов сельскохозяйственного производства сырьем служат растительные остатки и навоз. Отходы проходят сушку и нагреваются до температуры 400-500 °С. Из выделившихся при такой обработке газообразных фракций получают высококачественное дизельное топливо, лишенное вредных примесей. Полученное дизельное топливо нейтрально по отношению к CO₂, поскольку при сгорании такого топлива выделяется столько же углекислого газа, сколько было поглощено при росте растений. Чистота такой биологической солянки удовлетворяет самым строгим нормам. По оценкам специалистов, сельское хозяйство только лишь европейских стран способно обеспечить до 80 % современных потребностей в дизельном топливе.

Для улучшения экологических характеристик топлив, в них добавляют биологические компоненты, такие, как рапсовое масло. Если в дизельное топливо добавить до 30 % рапсового масла, то его экологические характеристики

значительно улучшатся, а энергетические характеристики практически не изменятся. Важно также, что такое биотопливо можно использовать в традиционных двигателях внутреннего сгорания.

Химический синтез бензинов и дизельных топлив весьма энергоемок. Как правило, сырьем для такого способа получения горючего служит древесина. Синтетическое топливо обладает хорошими экологическими показателями. При его сгорании не образуется вредных веществ, оно нейтрально относительно CO_2 . По причине больших энергозатрат и сложности технологических процессов, синтетическое топливо весьма дорого.

В странах Европейского союза благодаря государственной поддержке производство дизельного топлива с биологическими добавками увеличилось более чем в 5 раз и достигло объемов 10 млн т. Во всем мире производство биотоплива за этот период увеличилось более чем в 2,5 раза.

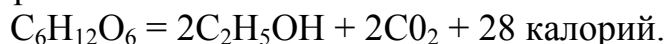
В качестве биологических добавок используют производные вещества из растительных масел, получаемых из подсолнечника, рапса, сои и других масличных культур. Масло для биотоплива получается путем отжима и экстрагирования с последующим очищением. Теплота сгорания чистых биодобавок к биотопливу приближается к теплоте сгорания самого дизельного топлива.

Этанол (этиловый спирт), который обычно называют просто спиртом, образуется при, так называемом, спиртовом брожении. Многие виды сахаров, а также продукт осахаривания крахмала в присутствии солода расщепляются под действием микроскопически маленьких дрожжевых грибов с образованием спирта и углекислого газа.

Содержание спирта при брожении растворов сахара и фруктовых соков колеблется в широких пределах. Однако, поскольку при высокой концентрации спирта дрожжевые грибки не могут существовать, путем брожения можно получить не более, чем 15%-ный спирт. Более концентрированный спирт получают из разбавленных растворов путем перегонки.

Брожение – бурно идущее разложение органического вещества, вызываемое микроорганизмами, которым этот процесс служит источником энергии.

При спиртовом брожении простые сахара разлагаются на этиловый спирт, CO_2 и тепловую энергию:



Типичным организмом, вызывающим спиртовое брожение, служат одноклеточные аскомицетные грибы из рода *Saccharomyces*. Помимо названных выше дрожжей, разумно использовать медузомицет (*Medusomyces Gisevi*) – симбиоз уксуснокислых бактерий и нескольких видов дрожжей.

В России можно найти отходы производства, содержащие в незначительных количествах сахар (сахаросодержащие отходы). Если попытаться использовать их для получения биотоплива, то возможно увеличение его доли без дополнительных материальных затрат.

Проводится опыт по выращиванию медузомицет (*Medusomyces Gisevi*) – на продуктах отходов животноводства.

Мы пытались смешать отходы и гриб в соотношении 1:3. Был замечен процесс выделения газа, но в очень малых количествах. Температура процесса 37 °С.

Мы считаем, что температура была выбрана неудачно, так как выделение газа невелико и кратковременно. В настоящее время ведутся исследования в температурном режиме 27...28 °С. Пока наблюдается интенсификация процесса: бутылку со смесью за трое суток чуть не разорвало. Сейчас ведутся исследования по подбору оптимальной концентрации.

SWOT-АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТБО КАК ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО КОМПОНЕНТА

Барабанова Ю.А.¹, Овчинников Р.Н.², Немихин Ю.Е.¹, Щеклеин С.Е.¹

¹УрФУ, xiphiass@yandex.ru

²НОУ «Инженерная академия»

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих её достижению или осложняющих его. SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды).

SWOT-анализ позволяет выбирать оптимальный путь развития бизнеса, избегать опасностей и максимально эффективно использовать имеющиеся в распоряжении ресурсы [1].

По итогам SWOT-анализа составляется матрица стратегических мероприятий [2]:

- Сильные стороны (Strengths) – преимущества организации;
- Слабости (Weaknesses) – недостатки организации;
- Возможности (Opportunities) – факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества организации на рынке;
- Угрозы (Threats) – факторы, которые могут потенциально ухудшить положение организации на рынке.

В табл. 1 представлена матрица SWOT-анализа [3].

Таблица 1

Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны предприятия (Strengths)	Рыночные Возможности (Opportunities)
Слабые стороны предприятия (Weaknesses)	Рыночные Угрозы (Threats)

В табл. 2-6 представлены результаты SWOT-анализа перспективности использования твердых бытовых отходов (ТБО) как энерго- и ресурсосберегающего компонента.

Таблица 2

**SWOT-анализ перспективности использования ТБО
как энерго- и ресурсосберегающего компонента при захоронении**

Сильные стороны	Возможности
<ol style="list-style-type: none"> 1. Отработанная технология 2. Дешевизна непосредственной технологии захоронения 3. Относительно небольшие кап. затраты на строительство современного полигона в сравнении с другими способами утилизации (ликвидации) 4. Отсутствие затрат на сортировку 5. Отсутствие необходимости привлечения спец. персонала 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность использования быстрого и малозатратного способа утилизации ТБО 2. Возможность организации в различных географических областях 3. Возможность использования малопродуктивных земель, заброшенных шахт под полигоны
Слабые стороны	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование новых, пригодных, например, для земледелия, площадей под разрастающиеся объемы образования ТБО 2. Самопроизвольное возгорание полигонов 3. Разнос ТБО ветром 4. ТБО - в качестве пищи для грызунов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ограниченность земель 2. Затраты на борьбу с последствиями губительного влияния полигонов, т. е. на охрану природы, здравоохранение (экологические риски) 3. Отсутствие эстетического вида 4. Размножение грызунов 5. Распространение запаха

Таблица 3

**SWOT-анализ перспективности использования ТБО
как энерго- и ресурсосберегающего компонента при сжигании ТБО**

Сильные стороны	Возможности
<ol style="list-style-type: none"> 1. В сравнении с полигонами для строительства мусоросжигающего завода (МСЗ) требуются меньшие площади 2. Одновременная ликвидация большого количества ТБО 3. Производство энергии 4. Возникновение новых рабочих мест 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение площадей для полигонов 2. Использование ТБО как топлива 3. Использование золы в качестве добавки к цементу, добавки при строительстве дорог 4. Продажа энергии в сеть
Слабые стороны	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Длительный период окупаемости (лет) МСЗ, большие кап. вложения 2. Необходимость предварительной сортировки 3. Необходимость в квалифицированных кадрах 4. Низкая эффективность восстановления черных металлов из шлаков 5. Низкое качество образующегося пара 6. Закупка дорогих фильтров для МСЗ, их последующая утилизация 7. Необходимость последующей утилизации загрязненных растворов для улавливания 8. Отсутствие законодательного регулирования в области покупки энергии, произведенной МСЗ 9. Отсутствие отработанной технологии сжигания и последующего производства энергии 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточная изученность долгосрочного воздействия выбросов на физико-химические свойства почв, воздуха, воды 2. Ядовитые газы, выбрасываемые в атмосферу с дымом, провоцируют тяжелые заболевания у людей, способствуют образованию озоновых дыр. 3. После сжигания отходов остаётся ядовитая зола (около 30% по массе), которую, впоследствии, тоже приходится утилизировать на специальных хранилищах с контролем и очисткой стоков. 4. Монопольный рынок энергетических ресурсов

Таблица 4

SWOT-анализ перспективности использования ТБО
как энерго- и ресурсосберегающего компонента при переработке во вторсырье
(при учете сортировки)

Сильные стороны	Возможности
<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение площадей, идущих под полигоны, в связи с повторным введением в оборот сырья 2. Снижение энергозатрат на добычу первоначальных ресурсов (начиная с руды) – снижение себестоимости продукции 3. Создание новых рабочих мест 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Внедрение системы сортировки в месте сбора 2. Уменьшение, в сравнении с захоронением и сжиганием, воздействия на окружающую среду, заключающееся в отсутствии выбросов и эмиссии биогаза
Слабые стороны	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Затруднительная продажа переработанных ТБО в виде готовой продукции из-за сложившихся на рынке стереотипов 2. Отсутствие опыта по внедрению технологии 3. Высокая стоимость продукции в сравнении с иностранными производителями 4. Устаревшие технологии и оборудование 5. Слабая сеть распределения 6. Слабая политика продвижения 7. Затраты на сортировку 8. Отсутствие законодательного регулирования при производстве и последующей переработке ТБО самими производителями 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Появление иностранных конкурентов с товарами более низкой стоимости 2. Затруднительность выхода на международные рынки 3. Недостаточный спрос на продукцию переработки ТБО 4. Незаинтересованность производителей инвестировать в переработку

Таблица 5

SWOT-анализ перспективности использования ТБО
как энерго- и ресурсосберегающего компонента при использовании свалочного газа (СГ)

Сильные стороны	Возможности
<ol style="list-style-type: none"> 1. Извлечение энергетического потенциала, использование «зеленой» энергии вместо ископаемых видов топлива (снижение зависимости от поставок природного газа, угля, мазута; снижении эмиссий вредных веществ, возникающих при использовании ископаемых видов топлива) 2. Уменьшение объема неприятных запахов 3. Возобновляемость ресурсов 4. Уменьшение эмиссии парниковых газов 5. Создание новых рабочих мест 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рекультивация полигона с расположением на его территории инфраструктуры – улучшение внешнего вида бывшего полигона 2. Дополнительная прибыль от продажи тепла, энергии и карбоновых кредитов 3. Экономия природных ресурсов
Слабые стороны	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие затраты на внедрение проекта по сбору и утилизации биогаза 2. Высокие требования к квалификации персонала 3. Затраты на сортировку 4. Неотработанность технологии утилизации СГ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточная изученность экологической безопасности при использовании биогаза, образующегося на полигонах ТБО. 2. При существующей монополии производства энергии и продаже ее в сеть – убытки от отсутствия продаж СГ 3. Возможные ошибки при расчетах потен-

<p>5. При отсутствии сортировки - наличие вредных и балластных примесей, требующих предварительной подготовки биогаза перед использованием</p> <p>6. Из-за содержания сероводорода возникает проблема коррозии горелок, фронтальных плит котлов и т. д. (уменьшается срок службы котла).</p> <p>7. Неравномерность выделения СГ в течение года: основное количество выделяется летом</p> <p>8. Биогаз на небольших свалках выделяется в незначительных количествах, то есть невыгодно для экономического использования</p> <p>9. Проблема введения энергии в сеть (монополизм)</p> <p>10. Высокая стоимость получаемой энергии</p>	<p>циала СГ – убытки от недополучения СГ в качестве сырья</p>
--	---

Таблица 6

**SWOT-анализ перспективности использования ТБО
как энерго- и ресурсосберегающего компонента при компостировании**

Сильные стороны	Возможности
<p>1. Ценное сельхозудобрение</p> <p>2. Уменьшение площадей под полигоны</p> <p>3. Создание новых рабочих мест</p>	<p>1. Увеличение производительности удобряемых земель</p>
Слабые стороны	Угрозы
<p>1. Низкое качество готовой продукции (из-за отсутствия сортировки)</p> <p>2. Неотработанная технология: первоначально не учитываются состав и свойства исходного сырья, чем и объясняется неудовлетворительная работа оборудования заводов</p>	<p>1. Из-за различных включений металлов является опасным удобрением: тяжелые металлы, имеющиеся в таком удобрении, при внесении его в почву активно усваиваются растениями, а через них – животными и человеком</p>

SWOT-анализ – это инструмент для структурирования имеющейся информации, он не дает ясных и четко сформулированных рекомендаций, конкретных ответов. По результатам SWOT-анализа перспективности использования ТБО как энерго- и ресурсосберегающего компонента можно наглядно представить основные факторы, а также оценить в первом приближении математическое ожидание применимости той или иной технологии в конкретной географической точке. Хотя формулирование на основе этого анализа рекомендаций – работа опытного аналитика, данный финансовый инструмент позволяет провести экспресс-диагностику при разработке нового проекта или анализе уже существующего.

Библиографический список

1. SWOT-анализ: разведка перед боем [Электронный ресурс]: URL: http://www.infowave.ru/publications/2marketolog/2003_kp_adviser/swot-analysis/
2. Завгородняя А.В., Ямпольская Д.О. Маркетинговое планирование. СПб: Питер. 2002. 352с.
3. SWOT-анализ [Электронный ресурс]: URL: <http://www.marketproject.ru/articles/37-swot-analiz>

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

*Белоусов Д.А., Мартынов Е.В., Салимгареев Д.Д., Пирумян Н.М.
УрФУ, sarapulovfn.yandex.ru*

Истощение запасов углеводородного топлива, ухудшение климата, связанное с глобальным потеплением, и загрязнение окружающей среды – это только несколько проблем, которые можно решить только с помощью внедрения экологически чистых источников энергии. В последние годы особенно заметный прогресс был достигнут в области применения солнечной энергии. Если час солнечного излучения превратить в электроэнергию, ее будет достаточно для того, чтобы вся планета жила в течение года.

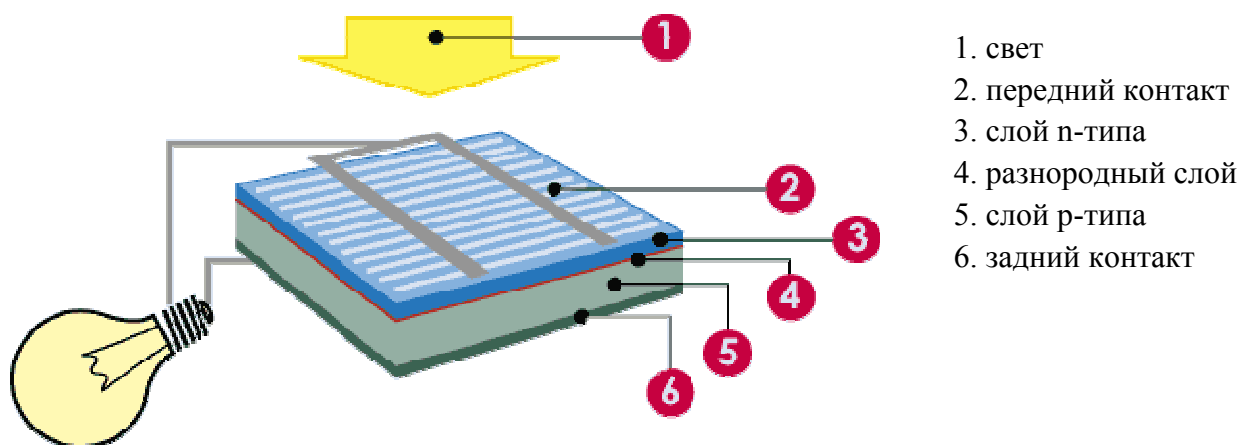
Большинство из нас и не подозревают, что способ получения электроэнергии из солнечного света известен уже около 130 лет. Явление фотоэффекта впервые наблюдал Эдмон Беккерель в 1839 г. Это случайное открытие оставалось в тени вплоть до 1873 г., когда Уиллоуби Смит обнаружил подобный эффект при облучении светом селеновой пластины. Конечно его первые опыты были далеки от совершенства, но они знаменовали собой начало истории полупроводниковых солнечных элементов. В 1883 г. электрик Ч. Фриттс смог изготовить фотоэлементы из селена, которые преобразовывали свет в видимом спектре в электричество и имели КПД 1-2 % [1]. В поисках новых источников энергии был получен кремниевый солнечный элемент, который стал предшественником современных солнечных фотопреобразователей. И только в начале 50-х годов прошлого века солнечный элемент достиг относительно высокой степени совершенства. Первые солнечные элементы с ощутимым КПД преобразования (~6 %) были разработаны в 1953-54 [2]. В 1958 г. маломощные, менее 1 ватта, солнечные батареи питали радиопередатчик американского космического спутника «Авангард». Вообще, космические исследования сыграли важную роль в развитии фотоэлементов.

Использовать энергию, генерируемую солнечными элементами, можно так же как и энергию других источников питания, с той лишь разницей, что фотоэлементы не боятся короткого замыкания. Каждый из них, являясь источником тока, поддерживает определенную силу тока при заданном напряжении. Но в отличие от других источников тока, мощностные характеристики солнечного элемента очень сильно зависят от интенсивности падающего на его поверхность света. Набежавшее облако может уменьшить выходную мощность более чем на 50 %.

Первоначально большинство изобретений действительно использовались на космических станциях, но наука шагнула вперед, и новый вид экологически чистого преобразования энергии стал доступен в повседневной жизни.

Существует два типа солнечных элементов: элементы «р» типа, у которых лицевая, рабочая, сторона является минусовым контактом, а тыльная плюсовым контактом, и элементы «п» типа, у которых всё наоборот. В наружной п-пластинке – переизбыток электронов. Во внутренней р-пластинке – их недостаток. Фотон, попадающий в п-пластинку, пробуждает дремлющий в ней элек-

трон подобно тому, как луч света, попадая на лицо, будит спящего человека. Электрон проникает в пластину и, следствием этого движения и является электрический ток. Наглядно это показано на рисунке. Перспективы развития солнечной энергетики эксперты связывают с совершенствованием материалов для этих двух слоев.



Солнечный элемент «Хафиз»

Германий используется в качестве полупроводника в нижнем слое «многопленочных» солнечных элементов. Выше него расположены слои индий-медь-селен. Все слои работают вместе, улавливая различные длины волн в солнечном свете, а германий служит также субстратом, на котором «выращиваются» такие солнечные элементы. Когда солнечный свет попадает на солнечный элемент, его энергия преобразуется в энергию перетекающих электронов, то есть в электричество.

Основные материалы, используемые для изготовления фотоэлементов, – кремний (Si), и арсенид галлия (GaAs). Арсенид галлия обеспечивает более высокий КПД фотопреобразования – до 28 % (у кремния – около 17 %), но он намного дороже кремния [3]. Кроме того производство кремния сейчас освоено наиболее хорошо. По этим причинам он и является основным материалом для изготовления солнечных батарей. Не так давно было выведено соединение индий медь селен (InCuSe) [1], которое имеет КПД на уровне кремния, но имеет ряд положительных качеств за счет комбинирования сильных сторон существующих солнечных батарей. В солнечных элементах на основе красителей электричество возникает за счет того, что специальный пигмент поглощает солнечный свет. Вместо такого пигмента используют специальные полупроводниковые наночастицы, обладающие более высоким коэффициентом поглощения света. Полимер-проводник используется вместо жидкого электролита, который отличается нестабильностью.

Максимальные значения эффективности фотоэлементов и модулей,
достигнутые в лабораторных условиях

Тип	Коэффициент фотоэлектрического преобразования, %
Аморфный/Нанокристаллический кремний	
Si (аморфный)	9,5
Si (нанокристаллический)	10,1
Фотохимические	
На базе органических красителей	10,4
На базе органических красителей (субмодуль)	7,9
Органические	
Органический полимер	5,15

Стало возможным производить дешевые солнечные батареи из материалов, которые легко контролировать и которые способны поглощать свет даже в инфракрасном диапазоне. Можно создать особо чувствительный фотоэлемент, способный реагировать на инфракрасное излучение, если удастся создать батарею, преобразующую в электроэнергию свет в этой зоне спектра. Эту технологию можно использовать для получения высококачественных снимков ночью или в тумане.

В настоящее время возобновляемая энергетика в России не имеет соответствующей нормативной среды и механизмов регулирования. Несмотря на это, в некоторых субъектах России уже приняты региональные законы в поддержку возобновляемой энергетике. Это Краснодарский край, Амурская область, Агинский округ Бурятии. Например, в Краснодарском крае создан фонд развития возобновляемой энергетике, за счет которого финансируются соответствующие проекты [2].

По мнению экспертов Российского фонда развития высоких технологий, солнечная энергетика в дальнейшем будет развиваться за счет нанотехнологий. С помощью многослойных пленок можно использовать почти весь спектр солнечной энергии, что позволит повысить КПД фотоэлементов более чем в четыре раза [3].

Библиографический список

1. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин / Под ред. В.И. Виссарионова. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 317 с.
2. Наумов А. В. Производство фотоэлектрических преобразователей и рынок кремниевого сырья в 2006-2010 гг. / Изв. вузов. Материалы электрон. техники. 2006. № 2. С. 29-35.
3. Лукомский Д.В. Методика управления параметрами твердотельных фотоэлектрических преобразователей для энергообеспечения необслуживаемых радиоэлектронных средств вооружений: дисс. на соискание научной степени кандидата технических наук. / Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко. Лукомский Д.В. 2006. 174 с.

СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА: ПЛОХО ИЛИ ХОРОШО?

Биенко Е.П.
УрФУ, whiteled@mail.ru

Введение

Доклад посвящен проблемам, связанным со светодиодными источниками света, и предназначен для повышения уровня осведомленности в данной теме как специалистов по энергосбережению, так и обычных пользователей осветительным оборудованием. Приводятся результаты сравнения светодиодных источников света с люминесцентными, по причине наибольшей близости по параметрам и конкуренции.

Тема светодиодных светильников уже не нова. Практически всюду мы встречаем информацию о тех или иных изделиях, построенных на полупроводниковых источниках света. В качестве основного преимущества называется их экономичность и предлагается заменить все существующие источники света на светодиодные, решив тем самым все проблемы. Так ли это?

Мифы о светодиодах

О высокой энергетической эффективности светодиодов

Считается, что светодиоды значительно эффективнее в плане потребления электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света. Энергетическую эффективность источников света обычно оценивают по соотношению суммарного светового потока к потребляемой электрической мощности (светоотдаче), которая выражается в люменах на ватт (лм/Вт).

Сравним энергоэффективность двух источников света: люминесцентной лампы – ЛЛ (например, OSRAM Lumilux L 18 W/835, мощность 18 Вт, цвет – белый) и современного светодиода – СД (Cree XP-G (XPGWHT-H1-0000-00CE7) с цветопередачей (80-CRI) при токе через цепь светодиода 1 А (таблица).

Показатель	L 18 W/835	XP-G
Потребляемая мощность, Вт	18	3,3 (при токе 1А)
Световой поток, лм	1350	250
Энергоэффективность, лм/Вт	$1350/18=75$	$250/3,3=75,76$

В итоге видим, что данный СД «эффективнее» ЛЛ всего на 1 %, хотя известно, что СД могут достигать удельной светоотдачи 100...150 лм/Вт и более. Действительно, можно получить более высокую светоотдачу, но при ухудшении качества цветопередачи, или за счет уменьшения тока в цепи СД, но в реальности приходится работать именно при этих параметрах, если производитель желает остаться конкурентоспособным.

Экономисты сразу прикинули: сколько десятков лет необходимо будет за счет этой экономии окупать десятикратно увеличившуюся стоимость оборудования?!

О «вечности» светодиодов

Считается, что СД работают настолько долго, что их можно считать «вечным» источником света. Обычно производители СД указывают цифру в 100000 часов, что может составить примерно $100000/(24365) = 11$ лет непрерывной работы. Это больше, чем у всех известных искусственных источников света. Наверное, за это время светильники придется поменять по причине морального износа (появятся более эффективные), поэтому их можно считать вечными, только электроэнергию подводи. Но возникает вопрос: откуда такая цифра и реальна ли она?!

Попробуем разобраться. Срок службы любого источника света характеризуется относительным падением светового потока, а также других характеристик. Нас интересует для систем освещения именно падение светового потока. В Европе принято эксплуатировать световые приборы до снижения уровня светового потока на 30 % (именно из этих соображений написана цифра на коробке любой лампочки). В России же принято эксплуатировать световые приборы до отказа, перед которым световой поток прибора в лучшем случае равен 20 % от номинала, что приводит к несоответствию санитарным нормам.

Для СД серии XP-G компания Cree рекомендует согласно ENERGY STAR Solid State Lighting Luminaires v1.1 (December 12, 2008) ток не более 1000 мА, при котором срок службы составляет 35000 часов при падении светового потока чуть менее 10 % (это при соблюдении нормального теплового режима). В условиях борьбы за стоимость светильника СД чаще всего работает в режиме перегрева, в результате его срок службы значительно снижается. Можно принять 35000 часов за максимальный срок службы, при котором, скорее всего, световой поток упадет более чем на 30 %. Таким образом, получается, что срок службы светодиода при грамотном подходе конструкторов и качественной сборке светильника всего $35000/(24365) = 4$ года непрерывной работы. Не «вечный», но все же долго живущий.

Об опасности для человека светового излучения СД

Считается, что свет СД не благоприятен для зрения человека и сказывается на его здоровье. Световой поток СД действительно не равномерен во всем видимом диапазоне, как, в принципе, и любого современного источника света, и преобладает в коротковолновом спектре. Однако спектр излучения современных СД более равномерный, чем у ЛЛ (меньше пиков и меньше их амплитуда относительно общего уровня), у них нет свойственного люминесцентным светильникам мерцания, что делает их применение более привлекательным. Действительно может быть опасным применение низкокачественных СД, заполняющих наш рынок.

В настоящее время мировые компании-производители светодиодных светильников получают положительные санитарные заключения на использование их продукции в тех областях, где использование экономичных источников света было ранее запрещено или ограничено. На основании данных заключений можно сделать вывод, что использование СД в качестве источников света вполне безопасно.

Свет для человека

Какие же положительные моменты могут спасти СД в этой битве на рынке светотехники? Попробуем докопаться до сути света для человека и энергоэффективности без потери этих потребностей.

Мало кто до конца осознает, что человек воспринимает изображение окружающих предметов как отраженный от них свет. Соответственно мировосприятие, особенно подсознательное, будет зависеть от качества и свойств света.

Для человека важны такие характеристики света:

- уровень освещенности наблюдаемой поверхности,
- плавность переходов из одной зоны освещенности в другую зону освещенности,
- соотношение освещенности в различных зонах,
- соотношение вертикальной и горизонтальной составляющей,
- яркость источника света и освещаемых предметов,
- пульсация светового потока и освещенности,
- цветопередача,
- преобладающий цвет,
- отсутствие (минимизация) всплесков (пиков) в световом потоке на определенных частотах.

Некоторые из этих параметров являются необходимостью, например, освещенность, если ее будет недостаточно, то чувствительности зрения не хватит для различения объектов.

Некоторые характеристики влияют на комфорт и работоспособность, например, соотношение освещенностей окружающих поверхностей.

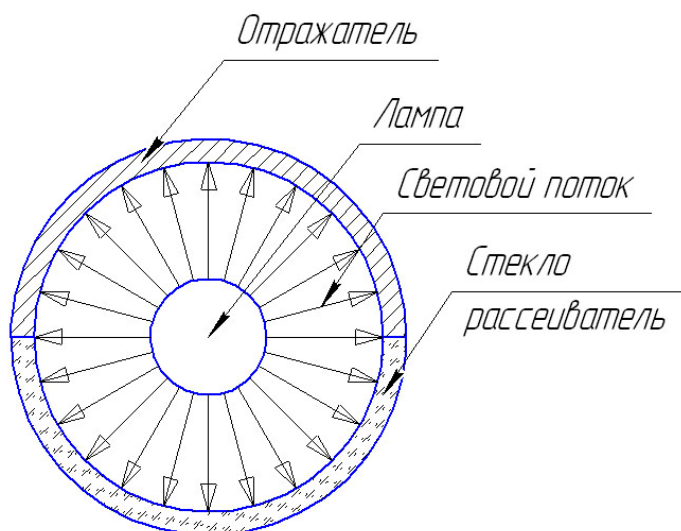
Такие свойства, как пульсация светового потока, влияют на несознательное поведение человека и могут вводить в транс. Этим занимаются серьезные исследовательские центры, обсуждение таких свойств выходит за рамки данной публикации.

Какие возможности СД можно использовать для удовлетворения этих потребностей, не забывая об экономии энергии?

Рассмотрим энергоэффективность светильника комплексно, а не только источника света, т. е. «от розетки до освещаемой поверхности».

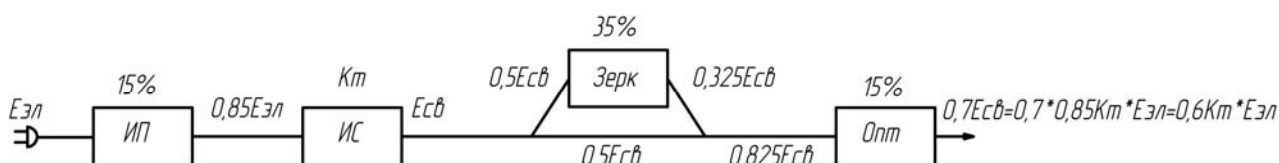
Люминесцентный светильник

На рисунке показана схема светильника с ЛЛ в качестве источника света. Стрелками показан первичный световой поток, который в данном случае распространяется в виде цилиндра. Как видно из этой схемы, некоторая часть первичного светового потока (здесь половина) излучается в противоположную сторону от стекла рассеивателя и, соответственно, от



освещаемого предмета. Для того чтобы не терять эту часть энергии, устанавливают отражатель. В длительно эксплуатирующихся системах освещения количество отражаемого от него света не превышает 30 %, все остальное превращается в нагрев отражателя, что является крупным недостатком.

Вторым недостатком люминесцентного светильника являются большие габариты, из-за которых производителю приходится либо повышать цену на светильник, либо применять более дешевые материалы, что ухудшает его светотехнические свойства. (Замечание: герметичные светильники в помещениях с высокой запыленностью обеспечивают повышение энергоэффективности, т. к. пыль на отражателях и стеклах светильников значительно снижает их эффективность). Ниже представлена энергетическая схема люминесцентного светильника «от розетки до освещаемого предмета».



На источнике питания (ИП) падает примерно 15 %. Само по себе преобразование электроэнергии в свет в источнике света (ИС) процесс малоэффективный и характеризуется коэффициентом энергоэффективности K_m (лм/Вт).

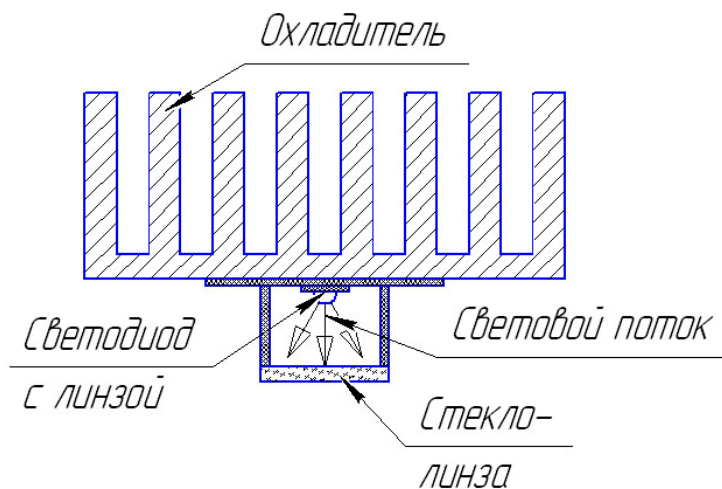
Далее часть светового потока попадает на отражатель (Зерк) и там частично отражается, а частично рассеивается в тепло. Для нового светильника потери на отражателе составляют около 35 %.

Затем часть первичного светового потока и часть вторичного светового потока, отраженного от отражателя, попадают на стекло рассеивателя (Опт). Для люминесцентных светильников там может теряться около 15 % энергии. В результате эффективность такого светильника будет еще на 40 % ниже эффективности источника света, используемого в нем.

Светодиодный светильник

На рисунке изображена схема светильника со светодиодом в качестве источника света. Особенности такого светильника являются:

- Значительная мощность на единицу площади, т. е. тот же светодиод ХР-G (250 лм, 3,3 Вт) размерами всего $3,45 \times 3,45$ мм, что позволяет использовать более

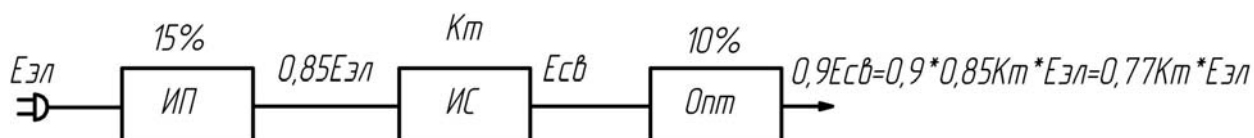


качественные и дорогие оптические системы, а также делать светильники защищенными от загрязнений и пыли.

– Сферическая направленность светового потока с углом при вершине 125° , т. е. в СД уже есть встроенная силиконовая линза, которая, с одной стороны, защищает кристалл от повреждений, а, с другой, – фокусирует поток.

Именно по этой причине в большинстве случаев можно использовать системы с простой оптикой, достигая тем самым экономии.

Ниже представлена энергосхема светодиодного светильника «от розетки до предмета».



Как видно из схемы, потери на оптической системе составляют около 10 %, и энергоэффективность такого светильника всего на 23 % ниже эффективности источника света. Это дает СД достаточные преимущества над люминесцентным светильником при монтаже новых систем.

Реалии жизни освещения

Эффективность светодиодного светильника будет зависеть от следующих факторов:

- качества светодиода,
- качества источника питания,
- качества конструкции,
- качества сборки всего изделия.

К сожалению, в реальности зачастую применяются малоэффективные и опасные для зрения СД, а также плохие, создающие «шум» в сети источники питания с низким кпд, в качестве корпуса используются корпуса от стандартных светильников, не соблюдаются правила сборки. Все это используется как средство получения «быстрых» денег.

В российских условиях наиболее экономичными будут только те системы, которые создаются предприятиями по специальному заказу под определенную задачу.

Для люминесцентных светильников характерны некоторые особенности:

- в магазинах продают светильники, далекие от идеальных;
- не выполняется их регламентное обслуживание ЛЛ;

В результате наблюдается снижение светотехнических свойств ЛЛ, например, из-за загрязнения отражателя и стекла, и высока вероятность опасности для человека, в частности, из-за не вовремя замененной лампы смещается спектр ее света, или она начинает мерцать, вызывая различные изменения здоровья человека.

Преимущества и недостатки

Светодиодный светильник	
Плюсы	Минусы
Легкость конфигурирования систем освещения	Эффект жестких границ теней и многогранности теней
Небольшие размеры	Стоимость
Высокое качество света	
Низкие помехи в сеть	
Простота создания интеллектуальных систем освещения	
Длительный период эксплуатации без замены источника света	
Простота обслуживания	
Стабильность свойств в процессе эксплуатации	
Люминесцентный светильник	
Плюсы	Минусы
Стоимость	Большие размеры
Распространенность	Помехи, создаваемые в сети
Плавность границ освещенных и неосвещенных участков	Невысокое качество света
	Сложность использования в интеллектуальных системах освещения
	Сложность обслуживания
	Небольшой период эксплуатации без замены источника света
	Необходимость обезвреживания отработанных ламп (утилизации)

Будущее светодиодных светильников

Довольно серьезное преимущество СД – легкость управления световым потоком, это позволяет довольно легко интегрировать их в интеллектуальные системы, т. е. такие системы, которые контролируют освещенность в зависимости от времени суток, наличия людей в помещениях, и по определенному алгоритму изменяют световой поток отдельного или группы светильников. В результате достигается длительный срок службы светильника и снижение в несколько раз энергопотребления.

Небольшие размеры источников света и возможность изменения цветовой температуры, вплоть до любого оттенка цвета, делают их очень привлекательными для дизайнеров, архитекторов, что дает им возможность создания оригинальных осветительных приборов.

Дальнейшее увеличение эффективности светодиодов добавит им преимуществ, ведь СД еще далеко до своего предела в отличие от классических источников света, которые уже вплотную приблизились к нему. Для разработки и налаживания производства светодиодных светильников необходим иной подход к осветительным системам, которого у нас пока нет.

Мы еще не вошли в эру новых источников света, мы только понемногу приближаемся к ней.

Библиографический список

1. Производитель светодиодных источников света – компания Cree [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cree.com>
2. Производитель люминесцентных источников света – компания Osram [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osram.com>

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОГО ЭТАНОЛЬНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА (ПЭТЭ)

Бойкачев Е.Д., Титова Н.С., Щеклеин С.Е.

УрФУ, aes@mail.ustu.ru

На кафедре «Атомная энергетика» были проведены исследования прямого этанольного топливного элемента модели FCJJ-22 производства компании Horizon Fuel Cell Technologies. Целью исследовательской работы было определение влияния концентрации этанола на работу элемента, а также анализ электрических и рабочих характеристик ПЭТЭ модели FCJJ-22.

ПЭТЭ относится к типу топливных элементов с протонообменной мембраной (PEMFC), которые функционируют при относительно низких рабочих температурах (60-160 °С). Они отличаются высокой удельной мощностью, позволяют быстро регулировать выходную мощность, могут быть быстро включены. Недостаток – высокое требование к качеству топлива [1].

Прямое окисление в ПЭТЭ спиртов, которые уже производятся в крупном масштабе, способно решить две основные проблемы:

1) упростить систему подачи топлива благодаря высокой удельной энергии жидких спиртов;

2) обеспечить замыкание экологически чистого цикла трансформации энергии в природном масштабе, так как ряд спиртов, и прежде всего этанол, могут воспроизводиться в биосистемах в неограниченных количествах [2].

Для исследования ПЭТЭ модели FCJJ-22 была сконструирована экспериментальная установка в соответствии с рис. 1. Для регистрации характеристик использовалась ЭВМ и АЦП ЛА-2 USB. В качестве нагрузки использовался электродвигатель, входящий в состав установки FCJJ-22, реостат 500 Ом – 4790 Ом, реостат 100 Ом – 200 Ом и резистор 60 Ом.

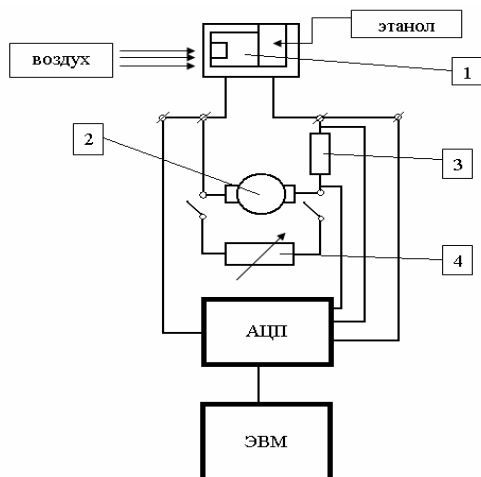


Рис. 1. Экспериментальная установка регистрации параметров ПЭТЭ:

1 – прямой этанольный топливный элемент; 2 – электродвигатель; 3 – шунт для измерения силы тока в нагрузке $R_{ш}=10\text{ Ом}$; 4 – реостат

Устройство самого топливного элемента FCJJ-22 показано на рис. 2.

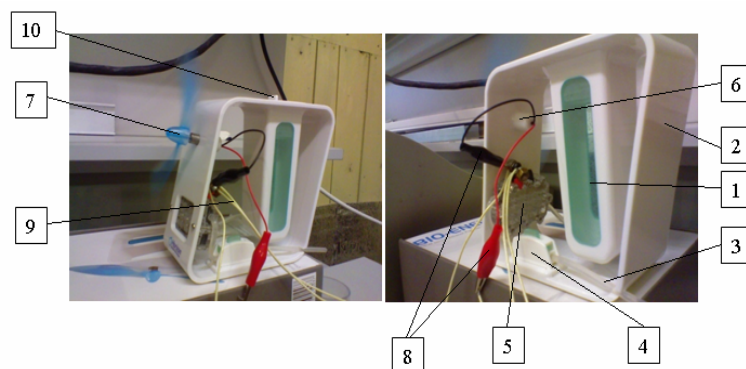


Рис. 2. Устройство демонстрационной модели FCJJ-22:

1 – ёмкость для заправки этанола; 2 – основание; 3 – сливная трубка; 4 – продувочный клапан; 5 – ПЭТЭ; 6 – электродвигатель; 7 – пропеллер; 8 – электропровод с зубчатыми зажимами; 9 – провода, соединяющие топливный элемент с АЦП; 10 – крышка ёмкости для заправки этанола

Каждое испытание топливного элемента проводилось на одной порции этанольного раствора определенной концентрации. Включался АЦП для регистрации значений напряжения, силы тока и времени. После заправки ПЭТЭ выжидалось время, соответствующее оптимальному времени зарядки – это время, за которое ТЭ, работая на холостом ходу (заряжаясь), достигает максимально возможной для данной концентрации этанола ЭДС. После зарядки подключалась нагрузка в виде электродвигателя. При остановке последнего считалось, что топливный элемент разрядился, и нагрузка отключалась. Затем эксперимент повторялся снова (на той же заправке топлива) до тех пор, пока время работы топливного элемента не становилось существенно меньше времени зарядки. Это означало, что большая часть этанола окислилась.

Первым экспериментом было определение оптимального времени зарядки топливного элемента, работающего на растворе спирта с концентрацией 5, 10 и 15 %. Полученные зависимости представлены на рис. 3.

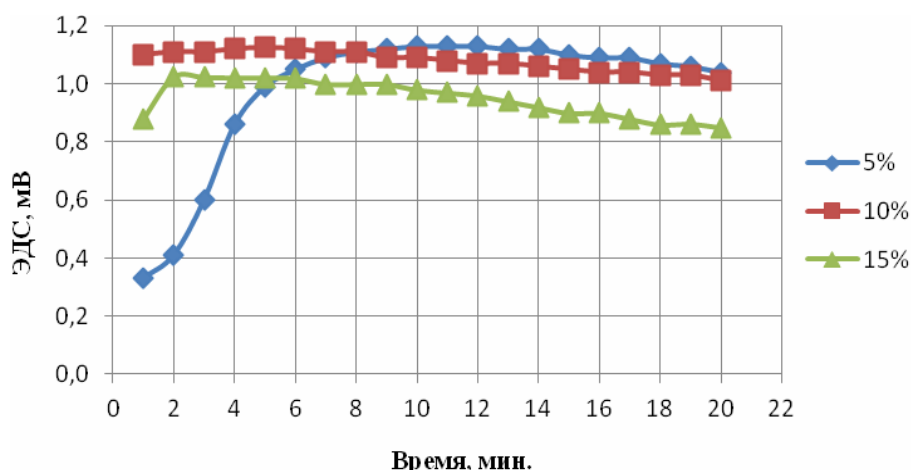


Рис. 3. Зависимость ЭДС ПЭТЭ от времени зарядки для различных концентраций этанольного раствора

Далее были исследованы зависимости напряжения и тока ПЭТЭ от времени для тех же концентраций. На рис. 4 приведен пример таких зависимостей для 15%-ного раствора спирта.

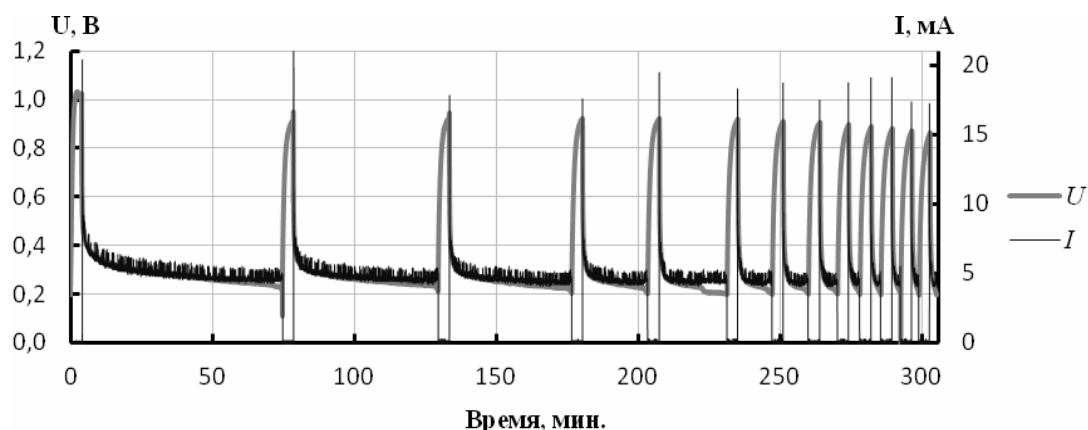


Рис. 4. Зависимость напряжения и тока топливного элемента, работающего на 15%-ом растворе спирта, от времени

В результате всех проведенных экспериментов была построена графическая модель электрических характеристик ПЭТЭ FCJJ-22 в соответствии с рис. 5 [3].

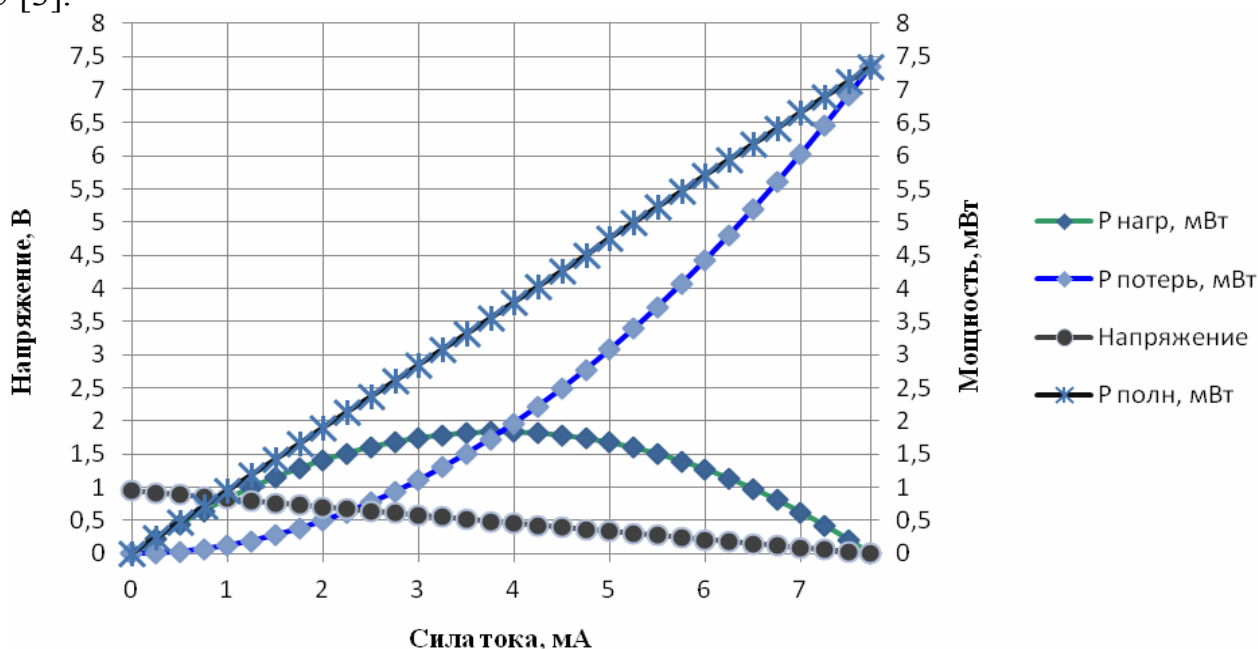


Рис. 5. Графическая модель электрических характеристик ПЭТЭ FCJJ-22

Сделаны следующие выводы:

- ЭДС ПЭТЭ достигает своего максимального значения не мгновенно, а через определённый промежуток времени вследствие медленной реакции окисления этанола на аноде и кроссовера;

- ПЭТЭ FCJJ-22 может работать как при непрерывном расходе топлива, так и на одной порции топлива, равной объёму топливной ячейки. Во втором случае имеют место циклы зарядки и разрядки. Количество и продолжительность циклов, а, следовательно, и время работы ПЭТЭ зависит, главным образом, от концентрации этанола в растворе. Но концентрация этанола не влияет на значение напряжения и силы тока ТЭ;

- на основании анализа графической модели электрических характеристик и анализа рабочих характеристик установлены оптимальные эксплуатационные характеристики топливного элемента FCJJ-22: номинальная мощность – 1,83

мВт; номинальный ток – 3,8 мА; номинальное напряжение – 0,48 В; ток короткого замыкания – 7,33 мА; внутреннее сопротивление элемента – 123 Ом; расход топлива – 0,005 мл/мин;

– ПЭТЭ FCJJ-22 имеет максимальный КПД (28,6%), близкий к теоретическому КПД PEMFC, при концентрации спирта в растворе 10%. Но по КПД использования спирта наилучшим вариантом является 15%-ный водноспиртовой раствор (1,65 %). Такой низкий КПД по использованию этанола объясняется тем, что ПЭТЭ FCJJ-22 является прототипом для наглядной демонстрации преобразования химической энергии в электрическую и не предназначен для практического производства электроэнергии.

Библиографический список

1. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2340
2. <http://chernykh.net/content/view/576/775/>
3. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1991. 264 с.

К РАЗРАБОТКЕ ПОТОЧНОГО ГАЗИФИКАТОРА НА ВЫСОКОРЕАКЦИОННОМ ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

*Вальцев Н.В., Рыжков А.Ф.
УрФУ, E-mail: tes@mail.ustu.ru*

Для задач энергетики наиболее перспективным представляется использование технологий воздушной газификации, так как использование дешевого окислителя (воздуха) повышает конкурентоспособность технологии. За рубежом технологии воздушной газификации для стационарной энергетики усиленно развивают в Германии (технология HTW), Японии (MHI), США (TRDU). На Украине в Институте угольных энерготехнологий НАНУ ведутся целенаправленные разработки энергетических газогенераторов поточного типа и ЦКСД применительно к местной топливной базе [1].

С точки зрения схемы организации процесса самым простым способом является проведение газификации в одну стадию. Однако основным недостатком однозонных реакторов является экстремальный профиль температур по их длине. В случае полной газификации это с необходимостью понуждает на переход к жидкому шлакоудалению (ЖШУ). При работе в режиме карбонизации оплавление минеральных включений в топливных частицах при их случайном сближении может провоцировать развитие когезионных процессов, выпадение агломератов и шлакование ограждающих поверхностей.

При ориентации на мало- и среднемасштабную энергетику (малые локальные энергоустановки, промышленно-отопительные ТЭЦ) температурный уровень твердого топлива в реакторе желательно ограничить средними значениями, лежащими ниже температуры шлакования ($t < 1100...1200$ °С), что по данным [2] должно быть достаточно для получения качественного газа при работе на высокореакционном твердом топливе. Решение данной задачи требует разработать взамен высокотемпературных агрегатов иной вариант газификатора, и возможным ответом может стать применение многостадийного поточного газификатора.

Существует два очевидных варианта организации процесса газификации топлива: внутренне-автотермичный процесс, когда теплота, требуемая для поддержания в реакторе достаточного уровня температуры, получается за счет сгорания части угля и выделившихся летучих, либо аллотермическая схема с внешним теплоносителем (сжигание вспомогательного топлива).

В качестве примера первого варианта, можно рассмотреть две конструкции: опытная установка, на которой проводились эксперименты для создания растопочной пылеугольной горелки на кафедре ТЭС УрФУ под руководством профессора Берга Б.В. [3] и установки для поточной газификации торфа [4].

В первой работе экспериментальная установка представляла реторту высотой 1200 мм, разогреваемую электрическими нагревателями до заданной температуры, внутри которой расположена труба, куда и подается пылеугольная смесь. Время пребывания частиц в центральной трубе составляло 0,8-1,2 с, расход воздуха ≈ 4 л/с. Для опытов в экспериментальной установке использовалась угольная пыль Баганурского месторождения (Монголия). Были проведены две серии опытов: при избытке воздуха $b = 0,9$ и температуре стенки $t_{ст} = 777-795$ °С; и $b = 0,6$ и $t_{ст} = 870-885$ °С.

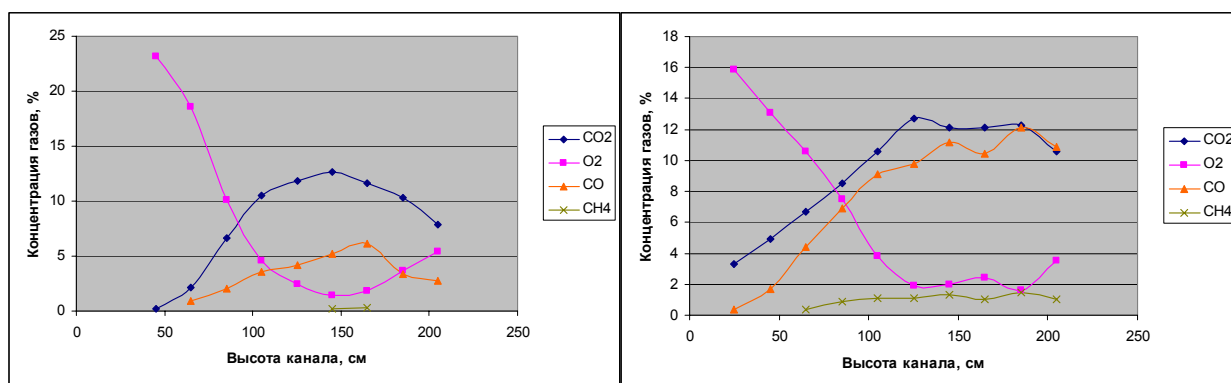


Рис. 1. Концентрация газов по высоте центрального канала экспериментальной установки. $t_{ст} = 777-795$ °С, $b = 0,9$ (левый); $t_{ст} = 870-885$ °С, $b = 0,6$ (правый)

Во второй работе эксперименты проводились в 2-х вертикальных установках: 1-й диаметром 0,2 м и высотой 2 м и 2-й – опытно-промышленной диаметром 0,5 м и высотой 11 м. Данные по составу получаемого газа [4] приведены в таблице.

Пример состава газа, получаемого в результате экспериментов по газификации торфа

CO ₂	C _m H _n	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
11,6	0,4	0,2	17,6	15,4	1,3	53,5

Качество газа, получаемого в обеих установках, не очень высокое, что требует не только создания в аппарате последующих зон для углубления переработки топлива, но и дополнительных мер для повышения эффективности работы первой зоны.

В качестве примера аллотермического варианта организации процесса можно рассмотреть работу [5], где приводится модель пиролиза угля при температурах 1000-1300 К и 2000-2500 К.

Одной из мер улучшения качества получаемого газа является увеличение температуры дутья. Так, опыты Богданова показали значительное увеличение теплоты сгорания газа при повышении температуры дутья со 100 до 300 °С, у Берга увеличение температуры дутья с 200 до 400 °С тоже дало положительные результаты. Для еще большего повышения эффективности процесса возможно организовать предварительную термохимическую подготовку угля до его ввода в газификатор в подающем трубопроводе, что осуществляется в датском газификаторе Viking (*).

В связи с этим, интересным представляется рассмотреть организацию газификации в пиролизере, разработанном УралОРГРЭС [6], сочетающем (*) и внутреннюю регенерацию, заключающуюся в использовании для предварительной подготовки угля теплоты сгорания части получаемого в аппарате газа, и предложить следующую схему газификатора (рис. 2).

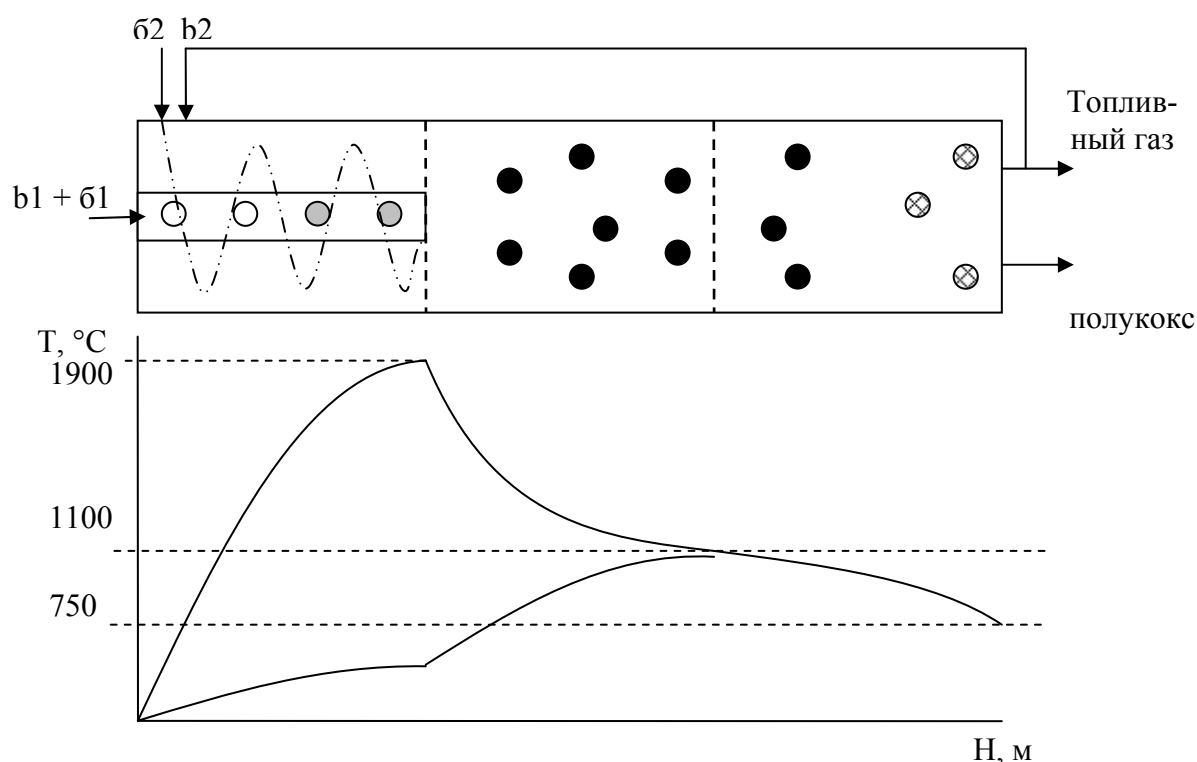


Рис. 2. Схема поточного газификатора и профиль температур

По центральной трубе подается угольная пыль высокой концентрации, а в зазор вокруг нее топливный газ и воздух, которые сгорают и обогревают трубопровод с угольной пылью, а затем в среде их же продуктов сгорания идет пиролиз угля. Такая схема позволяет значительно повысить температуру в реакторе шлакования поверхностей.

В первой зоне аппарата идет процесс термохимической подготовки угля в трубе, затем во второй и третьей зонах процессы безокислительного пиролиза, углекислотной газификации и пароуглекислотной активации продуктами сгорания первой зоны.

Кроме того, для интенсификации происходящих процессов целесообразным представляется уменьшение диаметра частиц угля – переход на микропо-

мол [7], что помимо чисто экстенсивного фактора – роста удельной поверхности гетерогенного реагирования, вносит некоторые качественные изменения в состав и структуру топливных частиц – изменение зольности и понижение энергии активации, и позволяет значительно интенсифицировать процесс термохимической подготовки угля.

В результате представляется возможным создание реактора, продуцирующего при умеренных температурах ($< 1100...1200\text{ }^{\circ}\text{C}$) «бессмольный» топливный газ, близкий по составу к идеальному паровоздушному (CO_2 , H_2O , $\text{CH}_4 \rightarrow 0$), и полукокс, подвергнутый парокислотной активации.

Библиографический список

1. Зайцев А.В., Рыжков А.Ф., Силин В.Е., Загруднинов Р.Ш., Попов А.В., Богатова Т.Ф. Газогенераторные технологии в энергетике / Под ред. А.Ф.Рыжкова. Екатеринбург: Сократ, 2010.
2. Ryzhkov A.F, Bogatova T.F., Popov A.V., Silin V.E., Usova G.I. The Effect of Thermal Pretreatment Process on Bio-Fuel Conversion. Croatia: InTech, 2011.
3. Берг Б.В., Батхиг А., Микула В.А., Богатова Т.Ф. и др. Снижение расхода мазута на растопку пылеугольных котлов // Вестник УГТУ-УПИ. 2004. № 3 (33). С. 194-200.
4. Богданов Н.Н. Газификация пылевидного торфа / Газификация фрезерного торфа. М.: Госэнергоиздат, 1959. С. 31-43.
5. Калинин Р.А., Левицкий А.А., Полак Л.С., Полищук А.Я. Расчетно-теоретическое исследование процессов пиролиза и гидропиролиза угля // Кинетика и катализ. 1983. Т. XXVI. Вып. 6.
6. Шульман В.Л., Зайцев А.В., Богатова Т.Ф. Развитие угольных парогазовых технологий // Технологии эффективного и экологически чистого использования угля: сборник докладов и тезисов международной НТК. М.: ОАО «ВТИ», 2009. С. 246-251.
7. Алексеенко С.В., Бурдуков А.П. и др. Применение механоактивированных углей в энерготехнологиях // Исследования и разработки СО РАН в области энергоэффективных технологий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С. 249-260

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – ФУНДАМЕНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БУДУЩЕГО

*Велькин В.И., Щеклеин С.Е.
УрФУ*

Ровно 50 лет назад в УПИ им. С.М. Кирова из единого энергетического факультета были созданы два – электротехнический и теплоэнергетический факультеты. В том же 1961 г. была создана и кафедра «Атомная энергетика». Основателем теплоэнергетического факультета, её первым деканом и первым заведующим кафедрой «Атомная энергетика» был профессор Ратников Евгений Федорович (1912-1998).

За годы своего существования для атомной энергетики страны кафедрой были подготовлены около 2300 специалистов, которые сегодня трудятся на всех АЭС России в разных должностях, включая директорский корпус (Белоярская АЭС).

В непростые времена перемен и застоя в развитии атомной энергетики (с 1987 по 2000-й годы) продолжателем дела своего учителя стал Заслуженный энергетик РФ, профессор, д.т.н. Щеклеин Сергей Евгеньевич (рис. 1).



Рис. 1. Заведующий кафедрой «Атомная энергетика», основатель специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» д.т.н., профессор Щеклеин С.Е.

Ему удалось не только сохранить традиции подготовки Уральской атомно-энергетической школы, упрочить её лидирующие позиции в стране, создать мощную материальную базу кафедры, но и открыть в 1997 г. подготовку по новой специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (НВИЭ). Кафедра «Атомная энергетика» стала третьей в России выпускающей кафедрой, осуществляющей подготовку по этой специальности, после Московского энергетического института и Санкт-Петербургского политехнического университета.

Неоценимую поддержку в становлении учебного процесса подготовки кадров инновационного для России направления на Урале оказал заведующий кафедрой «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» МЭИ профессор Виссарионов Владимир Иванович, принявший непосредственное участие в первом выпуске специалистов в УГТУ-УПИ в 2002 году.

Особенностью подготовки по профилю НВИЭ в УрФУ, помимо классических ветрового, солнечного и гидроэнергетического направлений, стали биогазовая энергетика, теплонасосная и биоспиртовая (энергетическая) тематики.

Научные интересы специальности НВИЭ УрФУ затрагивают большинство направлений возобновляемой энергетики и ориентированы в первую очередь на потребности Уральского региона, характеризующегося резко-континентальным климатом с низкопотенциальными ветрами (3-5 м/с), относительно низкой инсоляцией (250-400 Вт/м²) и наличием большого количества малых рек (около 18000 только в Свердловской области).

Научные исследования гидроэнергетического потенциала области завершились принятием постановления Правительства области о разворачивании строительства 14 малых ГЭС на базе существующих гидротехнических сооружений. Первая из них – Киселевская, мощностью 200 кВт, пущена в строй в 2009 году.

Цикл исследований в области солнечной, ветровой энергии и конкретное воплощение этих направлений на объекте «Энергоэффективный дом» в Белоярской районе Свердловской области (п. Растущий) (рис. 2) были в 2009 г. отмечены «Национальной экологической премией» фонда им. В.И. Вернадского в номинации «Энергия будущего».



Рис. 2. Проект «Энергоэффективный дом с комплексом возобновляемых источников энергии» – победитель Национальной экологической премии 2009 года

Событием российского масштаба явилось создание в 1999 г. в УГТУ-УПИ первой в стране кафедры «Энергосбережение». Идея создания принадлежала заведующему кафедрой «Атомная энергетика» Щеклеину С.Е., ректору УГТУ-УПИ Набойченко С.С. и первому заместителю председателя правительства Свердловской области Данилову Н.И., который и возглавил новую кафедру (рис. 3).



Рис. 3. Заведующий кафедрой «Энергосбережение», д.э.н., профессор Данилов Н.И.

Сегодня д.э.н., профессор Данилов Н.И. не только продолжает возглавлять кафедру «Энергосбережение» в УрФУ, организует чтение лекций по тематике энергосбережения и повышения энергетической эффективности на большинстве технических факультетов университета, но и создал ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения», являющийся инициатором глобальных начинаний в сфере энерго- и ресурсосбережения в регионе. Так, например, в нашем регионе на законодательном уровне решается вопрос тепловизионного обследования и приёмки вновь строящихся зданий, а также объектов бюджетной сферы, прививаются энергоэффективные решения в области ЖКХ, организуются выставки, конференции регионального, всероссийского и международного масштабов.

Одним из интересных и важных направлений совместной деятельности кафедр «Атомная энергетика» и «Энергосбережение» УрФУ является организация и проведение Всероссийской студенческой олимпиады (III тур) по двум направлениям (номинациям) «Энерго- и ресурсосбережение» и «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», которая ежегодно проводится с 2001 г. В разные годы её победителями и призерами становились студенты из Екатеринбурга, Москвы, Санкт-Петербурга, Томска, Иваново, Челябинска, Магнитогорска, Тюмени, Альметьевска и других городов России (рис. 4). В 2010 г. в олимпиаде, кроме УрФУ, участвовали команды 6 вузов: Московского энергетического института (технического университета) (г. Москва); Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина (г. Иваново); Вятского государственного университета (г. Киров); Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова (г. Магнитогорск); Самарского государственного технического университета (г. Самара); Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск).

Одновременно с предметной олимпиадой в лучших выставочных центрах Екатеринбурга ежегодно организуется и проводится Всероссийская выставка достижений научно-технического творчества студентов и молодых ученых вузов страны, победителям которой вручаются медали и дипломы. Среди лучших отмечены работы студентов: Е.Ю. Осиповой (УрФУ, ТЭФ) «Гирляндная ВЭУ роторного типа», И.В. Парёхиной (Московский энергетический институт (ТУ)) «Возможности альтернативного применения насоса теплового действия в конту-

ре геотермальной электростанции», Т.А. Андреевой (УрФУ, ТЭФ) «Техно-экономический анализ замены люминесцентного освещения на светодиодное с использованием солнечных ФЭП», А.А. Крюкова (асп.) (СПбГАСУ) «Использование осадков сточных вод для производства органического топлива»; А.С. Ляп-кало (Южно-Уральский гос. университет) «О возможности повышения КПД солнечных батарей при воздействии на них наносекундными электромагнитными импульсами»; С.В. Федосеева (Ивановский государственный энергетический университет) «Исследование фрактальных геометрических структур для описа-ния слоя ТБО в пакете ANSYS FLUENT» и др.



Рис. 4. Победитель, призеры, участники и организаторы Всероссийской студенческой олимпиады «Энерго- и ресурсосбережение» по специальности 140202 - *Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии*, научно-практической конференции и выставки научно-технического творчества студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго- и ресурсосбережение»

(г. Екатеринбург, 16-18 декабря 2009 г.)

На базе Уральского федерального университета уже двенадцать раз проводилась научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», тематика докладов которой становится все актуальнее и весомее, а по итогам конференции издается сборник материалов, насчитывающий более 150 авторов. Среди коллективов авторов – Национальный исследовательский Томский политехнический университет; ООО «Уральский центр энергосбережения и экологии»; ОАО «ПО «Уральский оптико-механический завод имени Э.С. Яламова»; Орский гуманитарно-технологический институт; Уральский государственный горный университет; Ижевский государственный технический университет; Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ) г. Владикавказ, РСО-Алания; Тольяттинский государственный университет; Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет; Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет); Ульяновский государственный технический университет; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин); Читинский государственный университет; ОАО «Уральский институт металлов»; ФГУП «НПО автоматики имени Н.А. Семихатова»; Институт физики металлов УрО РАН; Институт химии твердого тела УрО РАН и другие.

В УрФУ при кафедре «Атомная энергетика» создан и развивается «Центр возобновляемой энергетики и энергосбережения», который возглавляет опытный производственник, бывший руководитель одного из крупных Уральских заводов, доцент кафедры АЭ, к.т.н. Попов А.И. (рис. 5).



Рис. 5. Председатель экспертной комиссии выставки, директор Центра возобновляемой энергетики и энергосбережения УрФУ Попов А.И. вручает диплом за лучший экспонат в номинации «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» студентам УрФУ

Разнообразие тематики работ указывает на то, что в стране с самой развитой нефтегазовой составляющей в структуре источников энергии возрастает внимание к подготовке специалистов для возобновляемой энергетики.

Трое выпускников кафедры (по специальности НВИЭ) защитили кандидатские диссертации (Ефимова А.В. в 2006 г., Матвеев А.В. в 2008 г., Стариков Е.В. в 2010 г.). В настоящее время заканчивают свои диссертационные исследования выпускники кафедры Климова В.В., Арбузова Е.В., Борисова Е.В., Булыгин А.А., появились первые магистранты по профилю НВИЭ Федоров Е.В., и первый магистрант из зарубежья – Сарбасов А.Ж. (Казахстан)

В 2011 г. в рамках реорганизации Уральского федерального университета был создан Уральский энергетический институт, который вновь объединил электротехнический и теплоэнергетический факультеты. В структуре УралЭНИИ кафедра АЭ получила не только своё место, но и новое название – кафедра «Атомных станций и возобновляемых источников энергии».

В условиях обострившихся после событий на АЭС «Фукусима» в Японии (март 2011 г.) споров о путях развития атомной энергетики в мире, Россия демонстрирует усиление своих позиций в области атомного энергостроения, обеспечивая 45 % международных заказов на возведение АЭС. При этом возобновляемые источники энергии поддерживаются подавляющим большинством населения, однако технологически пока не в состоянии решить запросы крупной промышленности. Взаимно дополняя друг друга, атомная энергетика и возобновляемые источники энергии обеспечат фундамент энергетической безопасности планеты не только в этом столетии – на многие годы вперед.

СПАСАТЕЛЬНЫЙ ЖИЛЕТ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ ВОЛН

Гайсин Б.М.
Уфимский государственный авиационный технический университет
bulat-will@mail.ru

В связи с участвовавшими авиакатастрофами и рисками, присутствующими при перевозке пассажиров на открытой воде (моря, океаны), был разработан спасательный жилет, включающий в себя терминал спутникового отслежива-

ния и светоизлучающие элементы, получающие энергию от батареи питания, которая заряжается от электромеханического преобразователя энергии волн.

В ходе создания модели проведена патентная проработка, в которой можно выделить: электромеханический преобразователь энергии [1] и спасательный жилет, оснащенный терминалом спутникового отслеживания [2].

Задачей создаваемой модели является увеличение длительности работы терминала спутникового отслеживания и системы светоизлучающих элементов, получающих электроснабжение от батареи питания, за счет применения электромеханического преобразователя энергии волн.

Поставленная задача решается тем, что спасательный жилет, содержащий тельную и головную части, поддерживающий пояс, карман, D-образное кольцо, терминал спутникового отслеживания и светоизлучающие элементы в виде лент, содержит электромеханический преобразователь энергии волн, состоящий из блока линейного генератора и батареи питания, включающего в себя магниты, расположенные в полярной оппозиции друг к другу и находящиеся в цилиндрической немагнитной трубке с намотанными на ней обмотками, блок электроники и светоизлучающие диоды.

Результатом данной работы является: создание модели, которая решает поставленную задачу, также по итогам разработанной конструкции направлена и положительно одобрена заявка на получение патента на полезную модель [3].

Для дальнейшей реализации идеи предполагается разработка математической модели электромеханического преобразователя энергии волн с использованием математического пакета *MathCad*.

Библиографический список

1. Пат. 6790090 США, МПК⁷ H02K 35/02, H02K 35/00, H02K 035/00. Генератор электроэнергии на основе взаимодействующих магнитов / Джеффри Т. Ченг, Хао Ксинь; заявитель и патентообладатель Калифорн. науч.-ислед. ин-т. № 2003019743/23; заявл. 28.09.2004; опубл. 23.10.2003, Бюл. № 10 (I ч.). 15 с.
2. Пат. 2389036 Российская Федерация, МПК⁷ G01S5/02. Система спасения установленная для спасательного жилета / Ким Янг Сан.; заявитель и патентообладатель КИМ Янг Сан (KR) № 2007141501/09; заявл. 05.04.2006; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 15 (II ч.). 9 с.
3. Заявка 2011130766 Российская Федерация, МПК⁷ B63C 9/08, H02N 35/02. Спасательный жилет / Саттаров Р.Р. Гайсин Б.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО УГАТУ. Положительное решение на выдачу патента на полезную модель от 10.10.2011. 7 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ СУБСТРАТА НА ГЛУБИНУ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОТХОДОВ КРС

*Гладиков И.А. Арбузова Е. В., Щеклеин С. Е.
УрФУ*

Глубина разложения органического вещества (ОВ) субстрата характеризуется степенью распада α . Ее величина показывает количество органического вещества, которое преобразовано в биогаз, и определяет эффективность процесса анаэробной очистки отходов КРС.

Степень распада ОВ можно определить по формуле 1.

$$\alpha = \frac{100^3 \cdot \rho_z \cdot V_{\text{сум}} \cdot V_m}{\rho_n \cdot d \cdot (100 - W) \cdot (100 - A_c)} , \quad (1)$$

где V_u – суточная доза загрузки метантенка, м³; V_m – объем метантенка, м³; W – влажность навоза, %; A_c – зольность навоза, %; β – коэффициент расширения навоза

$$\beta = \frac{V_u^B}{V_u^{o.c}} , \quad (2)$$

где V_u^B – объем навоза при температуре брожения, м³; $V_u^{o.c}$ – объем навоза при температуре окружающей среды, м³; ρ_z – плотность биогаза, кг/м³; ρ_n – плотность биогаза, кг/м³; $V_{\text{сум}}$ – удельный выход биогаза с единицы объема метантенка, м³/м³.

Степень распада ОВ зависит от следующих факторов:

- температуры сбраживаемой массы;
- состава микрофлоры;
- рН и буферных свойств питательной среды;
- концентрации ингибиторов;
- зольности субстрата;
- влажности субстрата;
- плотности субстрата;
- периода сбраживания и т. д.

Экспериментальные исследования [1] показали следующий характер влияния влажности на степень распада ОВ (рис. 1).

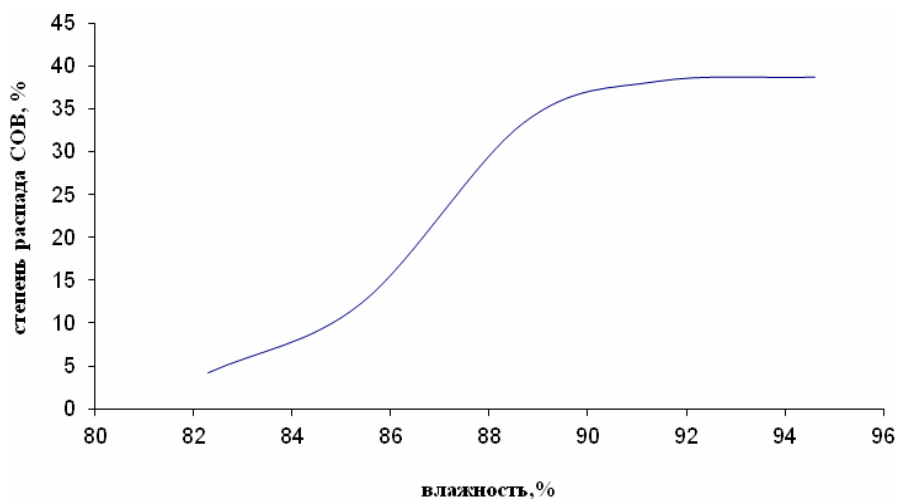


Рис. 1. Зависимость степени распада ОВ от влажности субстрата

На рис. 1 видно, что оптимальная с точки зрения выхода биогаза влажность составляет 91,4 %. Поэтому для исследований влияния величины частиц субстрата на выход биогаза субстраты были доведены именно до этой влажности.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2.

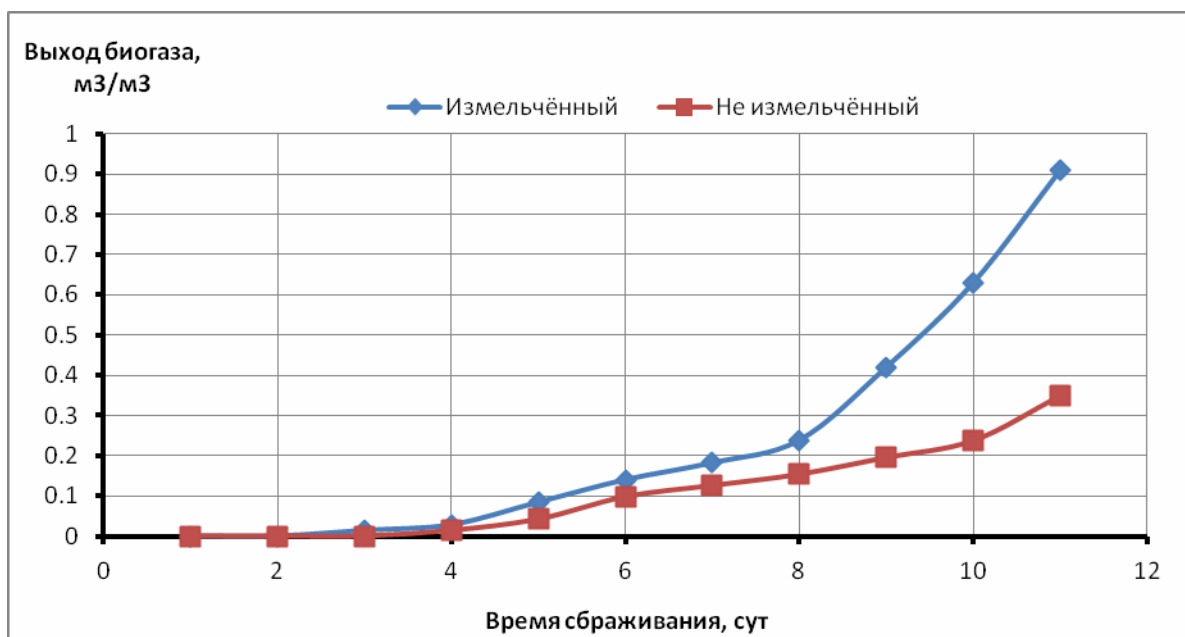


Рис. 2. Выход биогаза из субстрата (с измельченным сухим веществом и с неизмельченным сухим веществом)

Из графика на рис. 2 можно видеть значительный эффект от измельчения сухого вещества исходного навоза (увеличение выхода биогаза в 2,6 раза).

По формуле (1) были определены коэффициенты распада органического вещества, которые прямо пропорциональны выходу биогаза. При расчетах была учтена плотность измельченного ($\rho_{\text{изм}} = 1001 \text{ кг/м}^3$) и неизмельченного ($\rho_{\text{неизм}} = 1020 \text{ кг/м}^3$) субстрата.

Результаты расчетов представлены на графике (рис. 3)

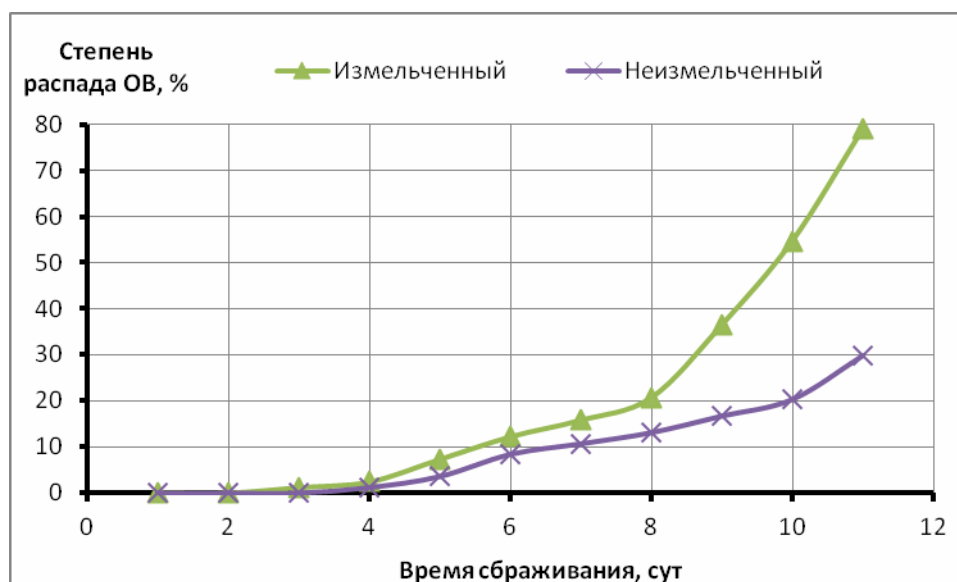


Рис. 3. Степень распада органического вещества в зависимости от времени пребывания субстрата в реакторе (с измельченным сухим веществом и с неизмельченным сухим веществом)

В целом исследования показали, что увеличение степени распада пропорционально увеличению активной поверхности органического вещества, участвующего в процессе метанообразования, и имеет существенно нелинейный характер, что позволяет использовать этот эффект для интенсификации газовой выделенности в биогазовых технологиях.

Библиографический список

1. Ковалев А.А. Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм: дис. докт. техн. наук: 05.14.08. М., 1998. 244 с.: ил. РГБ ОД, 71:99-5/708-9.

ОЦЕНКА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*Гладиков И.А. Арбузова Е. В., Щеклеин С. Е.
УрФУ*

Для проведения эксергетического анализа эффективности биогазовых установок и их оптимизации был использован метод, предложенный Е.И. Янтовским для энергетических установок, – метод суммы удельных затрат эксергии (СУЗЭКС).

Это подведенная эксергия

$$E_{подв} = \int_{\tau_c}^{\tau_3} \dot{E}_{подв} d\tau, \quad (1)$$

где $\dot{E}_{подв}$ – затраты эксергии за единицу времени; τ_c – время изготовления оборудования и строительства установки; τ_3 – срок эксплуатации установки.

Отведенную эксергию можно рассчитать по формуле:

$$E_{отв} = \int_0^{\tau_3} \dot{E}_{отв} d\tau, \quad (2)$$

где $\dot{E}_{отв}$ – эксергия, получаемая в единицу времени; $\tau_3=0$ – момент ввода в эксплуатацию установки.

Критерием эффективности служит коэффициент эксергии-нетто

$$K_E = \frac{E_{отв}}{E_{стр} + E_{сн}}, \quad (3)$$

где $E_{стр}$ – вся эксергия, затраченная на строительство установки и создание оборудования; $E_{сн}$ – эксергия на собственные нужды БГУ (затраты энергии на поддержание нормальной работы БГУ).

Оценка коэффициента эксергии-нетто была проведена для установок различного объема и произведенных из различных материалов для трех режимов анаэробного сбраживания: психрофильный (рис. 1), мезофильный (рис. 2), термофильный (рис. 3), эксплуатируемых на территории Уральского региона.

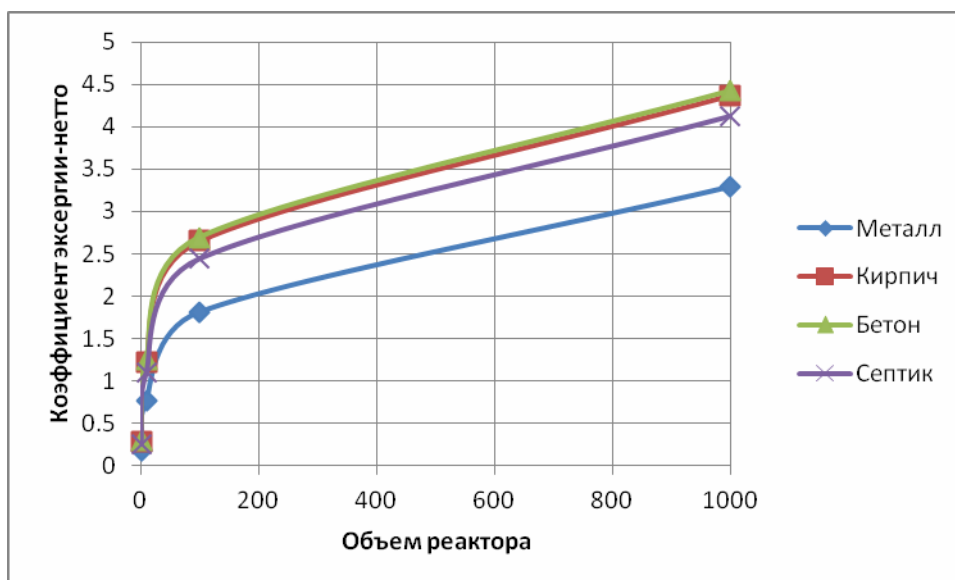


Рис. 1. Коэффициент эксергии-нетто для психрофильного режима анаэробного сбраживания

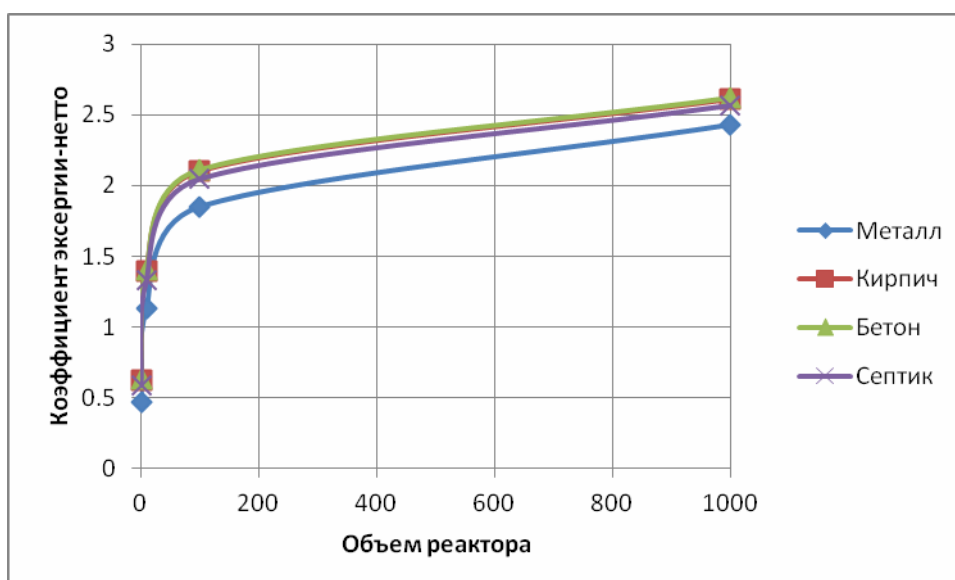


Рис. 2. Коэффициент эксергии-нетто для мезофильного режима анаэробного сбраживания

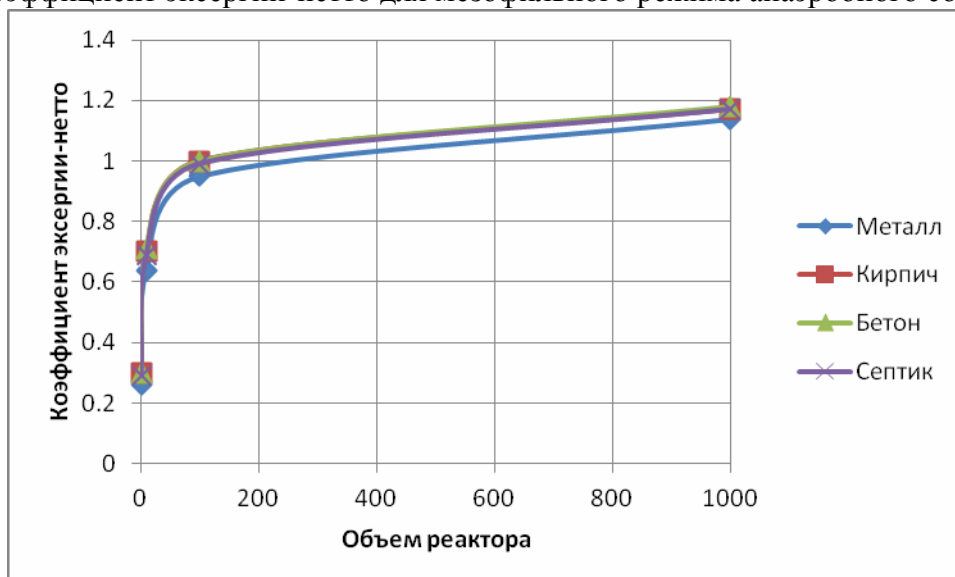


Рис. 3. Коэффициент эксергии-нетто для термофильного режима анаэробного сбраживания

Срок эксергетической окупаемости для тех же условий $\tau_{ок}$ – период времени, в течение которого полученная эксергия компенсирует затраченную, – определяется из уравнения

$$\tau_{ок} = \frac{E_{cmp}}{E_{отв}} \quad (4)$$

Результаты оценки сроков окупаемости представлена на рис. 4-6 для психрофильного, мезофильного и термофильного режимов соответственно.

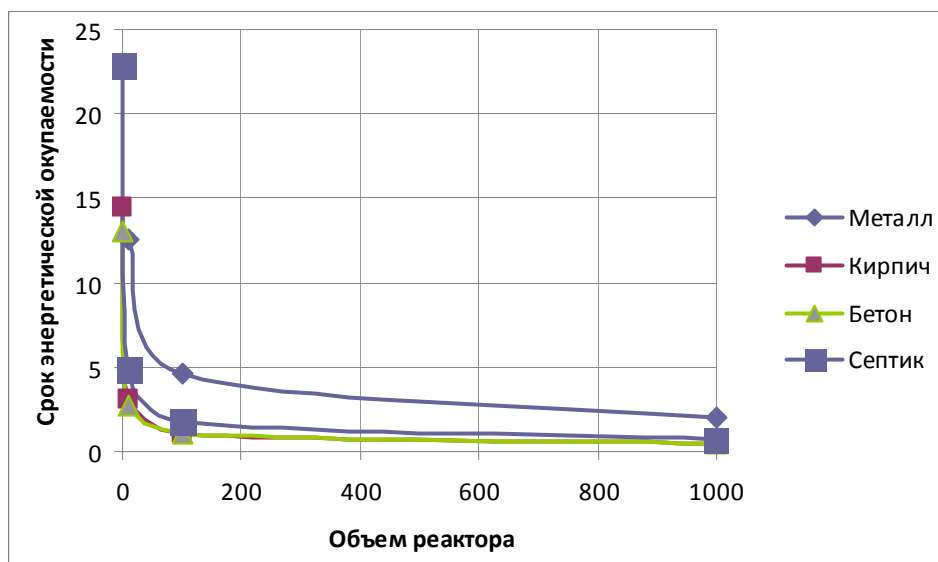


Рис. 4. Срок энергетической окупаемости для психрофильного режима анаэробного сбраживания

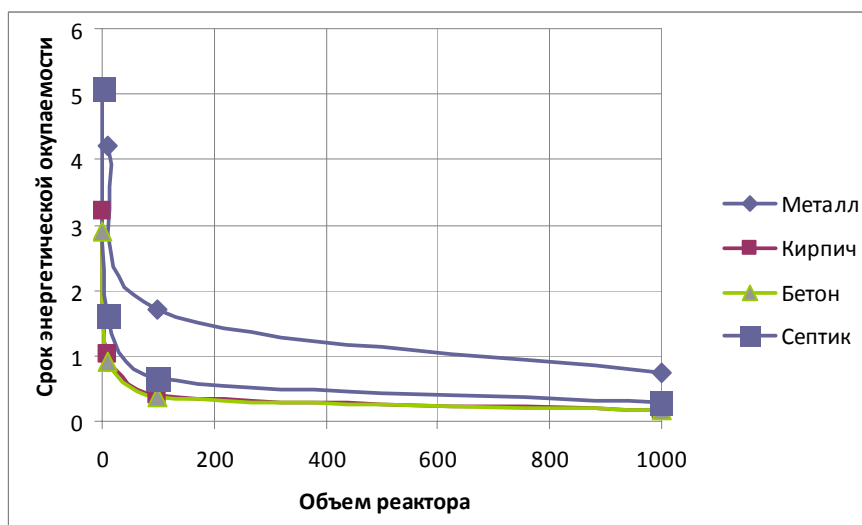


Рис. 5. Срок энергетической окупаемости для мезофильного режима анаэробного сбраживания

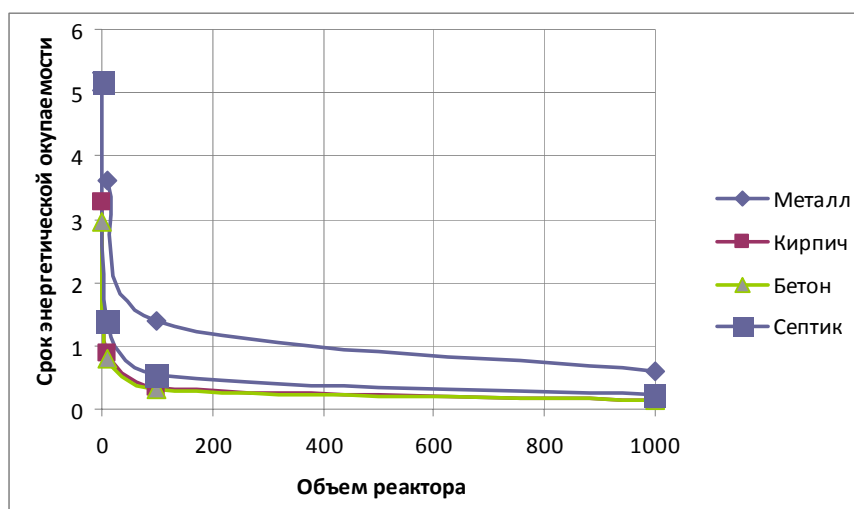


Рис. 6. Срок энергетической окупаемости для термофильного режима анаэробного сбраживания

Выводы

1. Эксергетическая эффективность биогазовых технологий снижается с повышением температурного режима процесса, что связано с увеличением расхода эксергии на собственные нужды установок.
2. Сроки эксергетической окупаемости, напротив, имеют тенденцию к снижению вследствие повышения выхода биогаза и его полной эксергии.
3. Для всех режимов метаногенерации имеет место существенное повышение эффективности и снижение сроков окупаемости для БГУ объемом свыше 100 куб. м.

ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ПУТЁМ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА

Гладких М.А.

Самарский государственный технический университет

В последние годы большое внимание энергетической науки сосредоточено на исследовании вопросов получения и использования альтернативного органического топлива. К числу основного биотоплива можно отнести, прежде всего, этанол или другое название биоэтанол. Количество научных публикаций, рассматривающих вопросы применения этого органического вещества, постоянно растет и за последние 10 лет увеличилось без малого в три раза (по данным реферативной базы SCOPUS).

Такой большой интерес к этой теме не случаен, так как уже сегодня биоэтанол нашел широкое применение в ДВС, ВРД, малой энергетике и т. д. Логично предположить, что, спустя несколько лет, биоэтанол займет важное место и в «большой» энергетике: ТЭС, энергетике теплотехнологий и др.

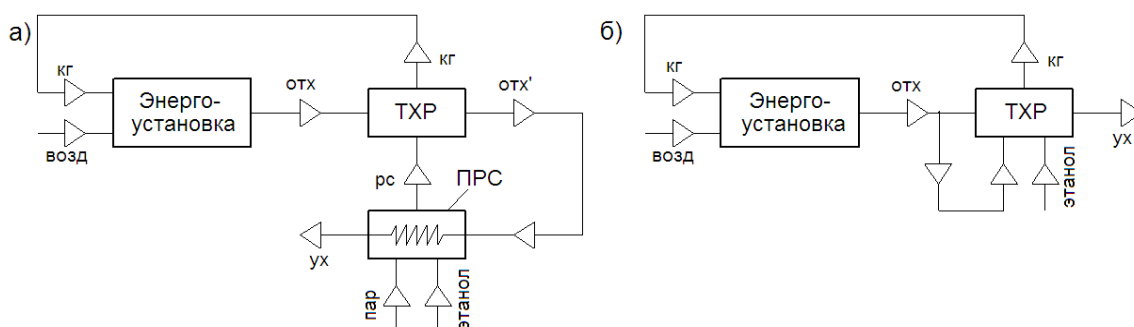
При топливном использовании этанола проблемы повышения эффективности использования топлива остаются актуальными. Одним из перспективных направлений повышения коэффициента использования теплоты топлива

является термохимическая регенерация теплоты, сущность которой заключается в использовании тепла отходящих дымовых газов для предварительной эндотермической переработки исходного топлива.

Наиболее широкое распространение получили способы термохимической регенерации теплоты за счет паровой конверсии метана (ПКМ) [1]. Несмотря на очевидные преимущества этих способов, достижение высокой степени регенерации теплоты, они имеют ряд недостатков: ограниченный диапазон использования по температуре дымовых газов (выше 750 °С) и высокая вероятность коксообразования в высокотемпературном процессе конверсии. По предварительным оценкам, использование паровой конверсии этанола или конверсии этанола продуктами полного сгорания снижает необходимую температуру до 450...550 °С и, как следствие, значительно снижается вероятность отложения сажистого углерода на каталитических поверхностях.

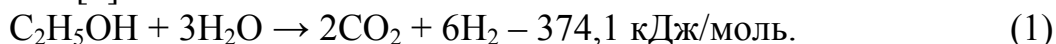
На рисунке рассмотрены принципиальные схемы использования ТХР теплоты отходящих дымовых газов путем конверсии этанола.

Условно процесс трансформации химической энергии этанола (теплоты сгорания) для схем, изображенных на рисунке, можно разделить на две стадии. Первая – это увеличение химически связанной энергии топлива в виде возросшей теплоты сгорания за счет предварительной эндотермической переработки. Вторая – сжигание конвертированного газа (синтез-газа), имеющего большую теплоту сгорания по сравнению с исходными веществами.

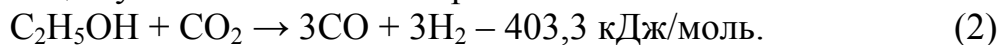


Принципиальная схема использования ТХР теплоты: а) путем паровой конверсии этанола; б) путем конверсии этанола продуктами полного сгорания: ТХР – термохимический реактор, ПРС – подогреватель реакционной смеси, отх – отходящие дымовые газы, кг – конвертированный газ, ух – уходящие дымовые газы, возд – дутьевой воздух.

В термохимическом реакторе для схемы а) протекает реакция паровой конверсии этанола [2]:



Для схемы б) в термохимическом реакторе к реакции (1) добавляется еще химическая реакция углекислотной конверсии этанола:



Химические реакции (1) и (2) сопровождаются множеством других побочных реакций.

Рассматривая перспективы применения термохимической регенерации теплоты отходящих дымовых газов путем конверсии биоэтанола, необходимо,

прежде всего, отметить возможность достижения глубокой регенерации теплоты отходящих дымовых газов при сравнительно умеренной температуре компонентов горения в термохимическом реакторе, металлоемкость которого существенно ниже традиционных рекуперативных воздухоподогревателей.

Библиографический список

1. Сергиевский Э.Д. Моделирование процессов тепло- и массообмена при термохимической регенерации теплоты отходящих газов / Э.Д. Сергиевский, А.Н. Крылов, С.К. Попов // Вестник МЭИ. 2008. № 4. С. 49-54.
2. Vizcaino A.J. Hydrogen production by ethanol steam reforming over Cu-Ni supported catalysts / A.J. Vizcaino, A. Carrero, J.A. Calles // International Journal of Hydrogen Energy. 2006. № 32. P. 1450-1461.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ И ВЕТРА

Горбунова А.А., Нараева Р.Р.

Южно-Уральский Государственный университет

Fukatsumu@mail.ru

Животноводческие комплексы и птицеводческие предприятия в настоящее время сталкиваются с серьезными проблемами утилизации органических отходов, связанных с разведением и забоем животных. Например, одна курица производит около 0,6 кг помета в сутки, свинья – 12 кг навоза, а корова – 60 кг. Среднего размера ферма крупного рогатого скота (4500 голов) дает около 175000 т навозных стоков в год. От одной птицефабрики средней мощности (40 тыс. кур-несушек или 10 млн. цыплят бройлеров) ежегодно поступает соответственно от 35 до 83 тыс. т пометной массы и свыше 400 тыс. куб. м сточных вод с повышенной концентрацией органических компонентов. Это обстоятельство является обратной стороной всей агрокультуры, и является ежедневной работой руководителей и специалистов животноводческих предприятий, местных администраций, экологов, населения и всех, кто работает или проживает вблизи ферм и птицефабрик. Большинство предприятий продолжают помещать навозные стоки в накопители, где они разделяются на жидкую и твердую части, а затем вывозятся в качестве удобрений на поля. Другие – отправляют отходы на ближайшие городские очистные сооружения, если они имеются, или же просто складываются на полях, делая их непригодными для посевов. Отдельно стоит проблема утилизации туш павших животных, число которых иногда достигает до 8-9 % от поголовья животноводческого предприятия.

Требования к переработке и утилизации отходов животноводческих предприятий изложены в Нормах технологического проектирования НТП-17-99. Нормы эти достаточно строгие и не всегда практически реализуемые. Так, НТП-17-99 определяют срок выдержки навоза в лагуне не менее 6 месяцев. Фермы КРС численностью 4500 голов, дающие 175 тыс. куб. м жидких навозных стоков, должны иметь для хранения и утилизации этих стоков не менее 7 лагун емкостью 12 тыс. куб. м, заполняемых поочередно, общей площадью около 20 тыс. кв. м. После того как заполнится седьмая лагуна, пройдет 6 меся-

цев хранения стоков в первой лагуне и возникнет необходимость ее опорожнения. Те же НТП-17-99 предписывают, что на одно поле жижа из лагун может вывозиться не чаще, чем 1 раз в 4 года, иначе возникает риск засоления почвы соединениями азота. Кроме того, вылитая на поля жижа, во избежание заражения воздуха, не позднее чем через 2 часа должна быть обработана дисковым культиватором. Для опорожнения одной лагуны 11 куб. м цистерной потребуется 1091 рейс и 409 рабочих дней, если работать одновременно четырьмя цистернами, то потребуется не менее 3,5 месяцев. Заполнение одной лагуны стоками происходит за 3 месяца, затраты только на вывозку переработанных стоков из лагун на поля и зарывание их в землю составят около 1 млн. руб. ежегодно. Стоит добавить, что в любом случае владельцу предприятия для соответствия указанным нормам необходимо построить бетонные резервуары, содержать на балансе мощный штат грузовой техники и рабочих (либо привлекать транспортные компании). Кроме того, площади, необходимые для бетонных резервуаров-лагун, фактически выводятся из сельскохозяйственного обращения.

Хорошим способом утилизации отходов птицефабрик является использование биогазовых установок, в которых, помимо утилизации навоза, происходит выработка экологически чистого биогаза. К тому же процессы брожения в метантенках происходят намного быстрее: от 7 до 30 суток, в зависимости от окружающей температуры. Это приводит к годовому неравномерному производству биогаза. Минимум приходится на зимний период. На Южном Урале средняя скорость ветра наибольшая именно в зимние месяцы. В этом случае целесообразно было бы соединить два этих вида энергетических ресурса. При уменьшении скорости ветра до уровня, когда энергия перестает вырабатываться, или уровень энергии не соответствует требованиям потребителя, к сети подключается дизель-генератор, работающий на биогазе. Таким образом, потребитель, в нашем случае это птицефабрика, постоянно снабжается электрической энергией. Кроме того, в летний период – период сельскохозяйственных работ, станция производит удобрения, используемые в производстве.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗЮРАТКУЛЬСКОЙ ГЭС

Горбунова А.А., Пташкина-Гирина О.С.

Челябинская государственная агроинженерная академия

E-mail: sushka180390@mail.ru

В России, как и в других странах, гидроэнергетика основывается на достаточно богатом опыте исследования и использования энергии крупных рек. К сожалению, в стороне остаются малые реки, которые в 50-е годы после подключения сельскохозяйственных районов к государственным энергосистемам были отнесены к неперспективным. В середине 20-х годов XX века вырабатываемая на малых ГЭС электроэнергия покрывала около 40 % мировой потребности в ней. В СССР в начале 50-х годов насчитывалось около 7 тыс. МГЭС суммарной мощностью 332 тыс. кВт. Затем в развитии малой гидроэнергетики наступил длительный (до середины 70-х годов) спад.

Однако опыт ряда зарубежных стран показывает, что малые гидроэлектростанции, эксплуатирующие сток средних и малых рек, стали опять объектом всеобщего внимания, включая и развитые страны.

Освоение потенциала малой энергетики, как показал зарубежный опыт, обычно начинается с рекогносцировки и восстановления ранее законсервированных МГЭС. Так, в США намечается восстановить 2150 из 3000 выведенных из эксплуатации МГЭС, в Швейцарии – 3700, восстанавливаются МГЭС в Германии, Франции и других странах. Одновременно ведется техническое перевооружение и реконструкция действующих.

Первые гидроустановки нашего региона размещались на восточном склоне Уральского хребта в бассейне рек Исети, Невы и Тагила, используя площади водосборов, не превышающие 100-200 км². Всего на протяжении 18 века на Урале построено 157 гидроустановок. К концу века значительно возрастают мощности водотоков, используемых гидроустановками. Режская плотина (1773 г.) устроена в створе, замыкающем площадь водосбора в 2500 км²; Юрюзанская гидроустановка имеет площадь водосбора 2700 км². В 1820 году плотина на р. Сатка при Саткинском металлургическом заводе имела 28 водяных колес, которые приводили в движение меха двух доменных печей, фабрику на восемь горнов и восемь молотов, прядильную фабрику, лесопильную машину в две рамы и мукомольную в четыре постава. В степном Зауралье Челябинской области на малых реках существовало 79 плотин и столько же при них водяных двигателей, приводящих в действие мукомольные мельницы. Такие же водяные двигатели существовали при 14 водохранилищах на р. Миасс [1, 2].

По данным официального отчета горного ведомства по состоянию на 1860-1861 г.г., на всех уральских гидроустановках действовало около 1640 колес общей мощностью в 31260 л.с. (23132 кВт) и около 50 гидротурбин общей мощностью 1310 л.с. (9694 кВт). Средняя установленная мощность одного колеса, примерно, в 19 л.с. (14 кВт), а турбины в 26 л.с. (19 кВт) [1]. В апреле 1908 г. приступили к постройке Порожской ГЭС на р. Б. Сатка, работающей до сих пор и являющейся памятником инженерного сооружения.

В 40-х годах двадцатого века была разработана схема использования гидроэнергетического потенциала Урала, где отмечалась перспективность использования стока горнолесной зоны Южного Урала [3].

До середины 70-х годов в области существовали МГЭС на Аргазинском, Шершневском гидроузлах, на каскаде водохранилищ р. Б.Сатка.

Существовавшие малые ГЭС на территории Челябинской области

Водохранилище, местоположение	Год начала эксплуатации	Состояние на сегодня	Установленная мощность, кВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч
Шершневское р. Миасс	1963	Списана	840	5,3
Аргазинское р. Миасс	1946	Списана	1200	4,5

Водохранилище, местоположение	Год начала эксплуатации	Состояние на сегодня	Установленная мощность, кВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч
Зюраткуль р. Б. Сатка, две деривационных ГЭС	1951	Законсервированна	5600	22,4
Саткинское при слиянии рек Б. и М. Сатка	1930	списана	500	2,4
Всего			8140	34,6

Интересным с точки зрения инженерного решения было сооружение каскада ГЭС на р. Б. Сатка (Зюраткульская ГЭС).

Решение о строительстве ГЭС было принято в 1942 году, когда встал вопрос об электроснабжении Саткинского промышленного района. Проект был подготовлен под руководством авторитетного гидростроителя, академика института Гипропроект С. Я. Жука. Проектом предусматривалось строительство плотины с водозабором на озере, двух каскадных ГЭС с двумя генераторами по 1440 кВт на каждой, сооружение напорного бассейна объемом 6000 кубических метров для регулирования расхода и очистки воды. От него шли металлические трубопроводы до станций. Напорный бассейн соединялся с плотиной деривационным каналом. Наибольшая высота плотины составила 10 м, ширина у основания – 46 м, длина плотины – 700 м, а длина самотечного (деривационного) канала – 9 км, объем напорного бассейна – 9000 куб. м. Новая плотина сооружалась в 300 м ниже первой, она вступила в строй в 1949 году [4].

Станция работала стабильно. Ее годовая выработка самой дешевой электроэнергии достигала 27 млн. кВт·ч. Так станция работала до 1966 года, когда ее остановили из-за неудовлетворительного состояния напорного деривационного канала и плотины. ГЭС строилась в трудные времена. Основным материалом гидростроителям служил лес местных пород деревьев. Срок его эксплуатации закончился. Начались большие утечки воды, разрушения лотков и каналов.

Новый период жизни станции – реконструкция, которая продлилась до 1976 года. Остановка оказалась длительной: реконструкция шла 11 лет.

За время ремонта самая значительная часть средств (до 40 %) была направлена на восстановление плотины и водозабора. Деревянные конструкции водозабора и акведука сделали железобетонными. Именно в этом решении, а точнее, в его некачественном выполнении усматривается причина дальнейшего выхода из строя оборудования. Когда в 1977 г. ГЭС была запущена в работу, не утепленный бетонный акведук зимой разрывало замерзшей водой. Очередной ремонт был признан нерентабельным, и через полгода после запуска, в мае 1978 г., Зюраткульскую ГЭС остановили.

Анализ гидрологических характеристик стока и продольного профиля р. Б. Сатка на современных данных дает возможность утверждать, что возведение каскада деривационных ГЭС является перспективным энергетическим про-

ектом Челябинской области. Основным потребителем энергии, вырабатываемой Зюраткульской ГЭС, могут стать близлежащие населенные пункты и набирающая стремительные обороты туристическая индустрия.

Библиографический список

1. Гвоздев В.С. Энергетика старого промышленного Урала (XVII-XIX вв.) // Вопросы водного хозяйства и гидрологии Урала. Свердловск, 1961. Вып. 1. С.73-96.
2. Энергетики Урала 40 лет / Под ред. Я.Г. Макушкина. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958. 143 с.
3. Лавришев А.Н. Экономика Урала и строительство малых и средних ГЭС. М.: Госпланиздат, 1945. 112 с.
4. Челябинская область: Энциклопедия. Челябинск: Каменный пояс, 2008. Т. 2. Д-И. 672 с.

НИЗКОНАПОРНАЯ МГЭС

*Дагаев А.В., Попов А.И., Щеклеин С.Е.
УрФУ*

При проектировании микро-мини ГЭС часто возникает задача создания конструкции для утилизации энергии потока воды с низким напором как для деривационных каналов, так и для равнинных рек с невысокой скоростью течения.

Известны низконапорные миниГЭС (МГЭС) с пропеллерными турбинами [1-3]. Такого рода классические турбины по характеристикам их напоров, расходом воды, стоимости неоправданно дороги в производстве и сложны для обслуживания в эксплуатации, поскольку требуют для строительства дамб или плотин на водотоках. Поэтому актуальным является решение проблемы по созданию сверхнизконапорных МГЭС, способных при низких напорах пропускать большие расходы воды и получать значительные мощности.

Известны также МГЭС с двухкратными турбинами [4], работающие при меньших напорах воды, однако они тоже сложны в изготовлении и эксплуатации. Кроме того, их низкая эффективность обусловлена тем, что одномоментно задействовано в потоке только 30-40 % лопастей рабочего колеса.

Особенность «Ветродвигателя» [5] в том, что он содержит ротор с отклоняющимися лопастями.

В данной конструкции поток воды направлен перпендикулярно оси цилиндрического ротора, причем лопасти под поток отклоняются вовнутрь ротора, а при выходе потока, прошедшего через ротор, часть лопастей отклоняется наружу. В такого рода конструкции задействовано большее количество лопастей, чем в предыдущих конструкциях.

Однако и в данном устройстве коэффициент использования энергии потока невелик, поскольку задействованы в отборе энергии от потока не все лопасти ротора, а те лопасти, которые задействованы в работе, несут не одинаковую нагрузку, зависящую от их углового положения в роторе.

Техническим результатом предложенного устройства является увеличение коэффициента использования энергии потока и создание универсальной

МГЭС для различных по пропускаемым объемам и скоростям водных потоков [6].

Этот эффект обеспечивается за счет равномерной нагрузки и одновременного использования в работе всех лопастей ротора.

На рис. 1 приведена конструкция предлагаемого устройства в продольном разрезе, а на рис. 2 – вид А-А его сечения в поперечном разрезе.

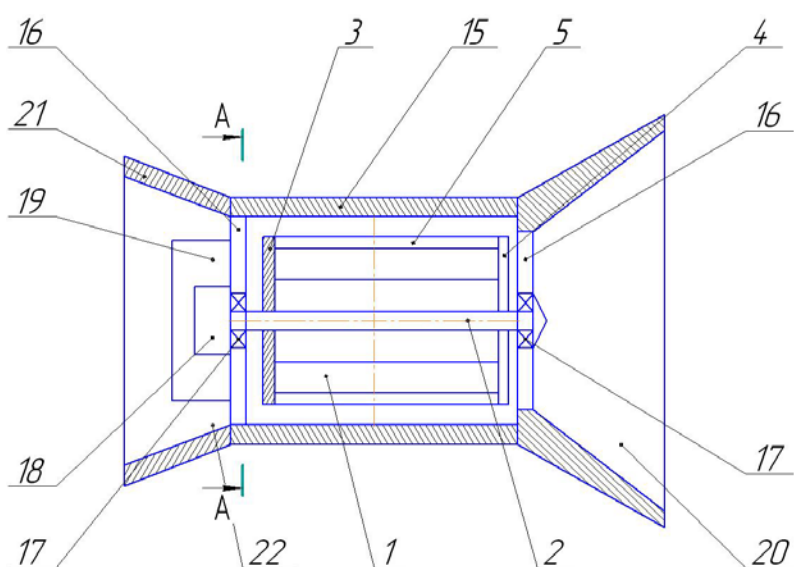


Рис. 1. Рукавная деривационная мини-ГЭС (продольный разрез)

МГЭС работает следующим образом. Поток воды поступает в конфузор 20 и далее через передние опорные стойки 16 и 4 вовнутрь ротора, где образуется повышенное давление воды. Далее вода под углами расположения лопастей 5 выходит в щели по касательной к цилиндру ротора в полость между

корпусом 15, ротором 1, создавая вращательный момент, и поступает через заднюю опорную стойку 16 в отсасывающую трубу 22. Параметры отсасывающей трубы задаются углом между поверхностями отсекавателя 19 и выходного диффузора 21.

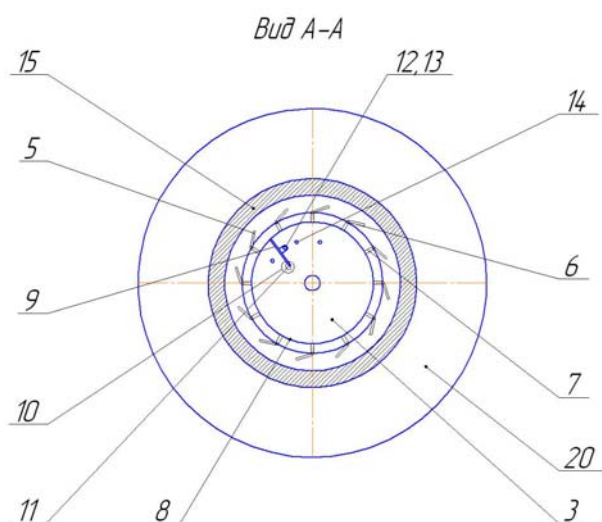


Рис. 2. Рукавная деривационная мини-ГЭС (сечение в поперечном разрезе)

Если напор воды непостоянен во времени, то возможно автоматическое регулирование угла раскрытия лопастей 5 (рис 2.). В этом случае кронштейн 13 рычага 9 установки угла лопастей освобождается от жесткой связи с диском 3. Параметры, например, спиральной пружины 10 задаются таким образом, чтобы при номинальном давлении потока раскрытие лопастей 5 имел

определенный угол. При увеличении напора потока (прошедший дождь, таяние

снега и т. п.) будет также возрастать давление на подпружинные лопасти, которые раскроются на больший угол, пропуская через ротор большие объемы воды, при этом скорость вращения в определенном диапазоне останется постоянной. Параметры натяжения пружины 10 могут регулироваться дополнительно установленным натяжителем (на рис. не показан).

Предлагаемое техническое решение позволяет увеличить коэффициент использования энергии потока и расширить варианты его применения в качестве универсальной МГЭС для различных по объему и скорости водных энергетических потоков. В процессе работы над устройством был изготовлен макет подобной МГЭС, подтвердивший заявление преимущества.

Библиографический список

1. Модульный гидроэнергетический блок: Свидетельство на полезную модель 7779 Рос. Федерация, МПК⁷ H02N 11/00; заявитель «НПО Гидроэнергопром».
2. Прямоточная гидротурбина (варианты): Свидетельство на полезную модель 16367, Рос. Федерация, МПК⁷ E02B 9/00; Заявитель «НПО Гидроэнергопром».
3. Микро ГЭС с пропеллерными турбинами ГЭС10ПР, ГЭС15ПР. АОЗТ «МНТО ИНСЭТ», С.-Петербург.
4. Двукратные гидротурбины серии Б1...Б4 фирмы «Маги» [Электронный ресурс]: URL: [http:// www.magi.ru/hidro.htm](http://www.magi.ru/hidro.htm)
5. Ветродвижитель: Свидетельство на полезную модель 55884 Рос. Федерация, МПК⁷ F03B 3/12.
6. Рукавная деривационная МГЭС: Пат. на полезную модель 104250 Рос. Федерация, МПК⁷, F03B 3/12; заявитель УрФУ.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭНЕРГИИ ПОТОКА

*Данилов В.Ю., Щеклеин С.Е., Попов А.И.
УрФУ*

При разработке данной конструкции поставлена задача получения максимума полезной энергии от использования потока ветра или потока воды.

В известных устройствах не происходит максимального отбора энергии потока, так как имеется значительная масса воды или воздуха (пролетная масса), которая непосредственно не участвует в выработке энергии [1-5]. Кроме того, часть энергии потока бесполезно теряется на вихреобразование уже после ветроколеса или ротора гидротурбины. В результате этого не обеспечивается высокий перепад давлений на входе и выходе преобразователей, от которого зависит единичная мощность и КПД преобразования энергии потока.

Предлагаемый преобразователь энергии потока [6] изображен на рис. 1 и рис. 2.

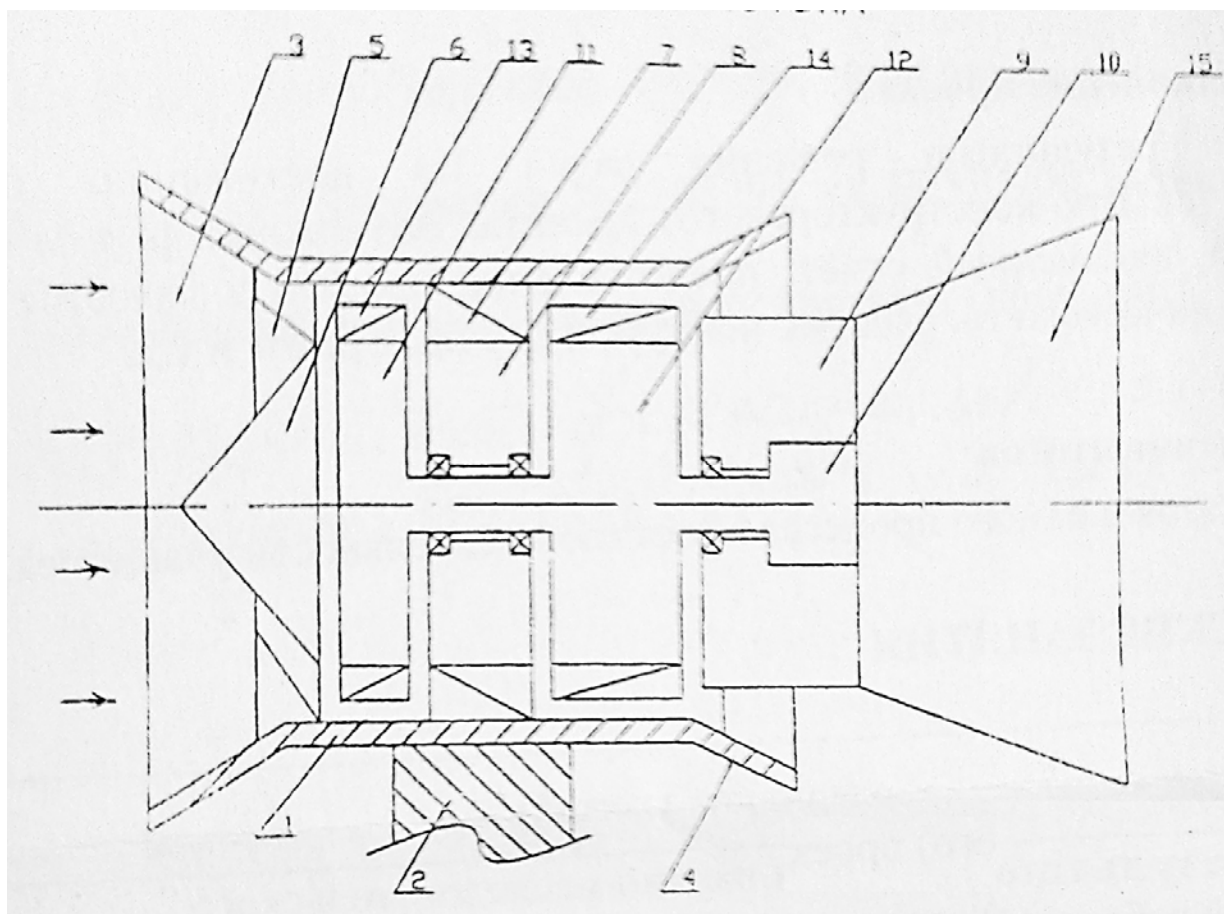


Рис. 1. Преобразователь энергии потока

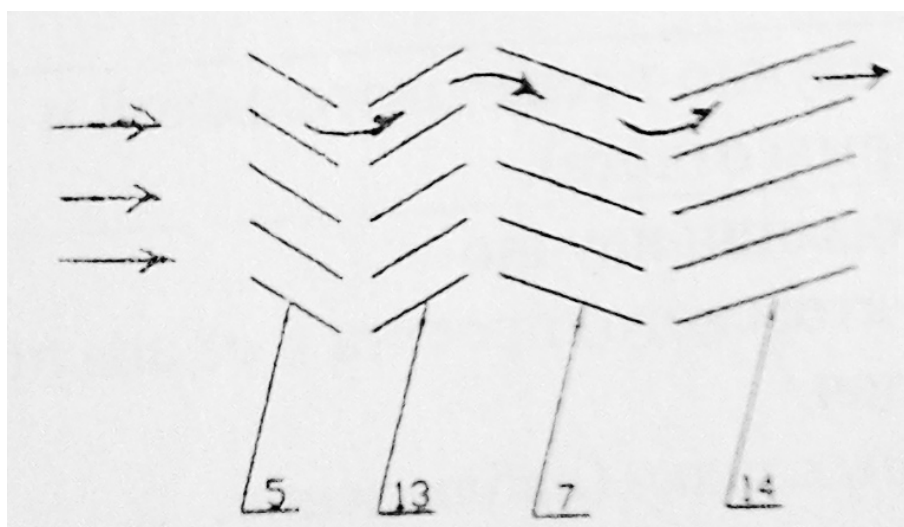


Рис. 2. Взаимное пространственное расположение закрепленных (неподвижных) и подвижных лопастей, принадлежащих соответственно (слева направо): конусу-диффузору 6, подвижному диску 11, неподвижному диску 8 и подвижному диску 12

Преобразователь энергии потока работает следующим образом. Поток ветра или воды поступает в конфузор 3, растекается по наружной поверхности неподвижного входного конуса диффузора 6, причем лопасти 5 закручивают поток на периферию окружности конуса, где образуется зона высокого давления и подают его на лопасти 13 подвижного диска 11, который начинает вращаться. Лопасти 13, расположенные под углом к лопастям 5, изменяют направление потока (см. рис. 2). Попадая на лопасти 7 неподвижного диска 8, поток еще раз изменяет свое направление и поступает далее также под углом на лопасти 14 подвижного диска 12, который вращается согласно в том же направлении, что и диск 11, передавая через общий вал суммарный вращающий момент на генератор 10.

Диффузор 4 на выходе из устройства совместно с поверхностью обтекателя 9 образует отсасывающую трубу в виде расширяющегося кольцевого конуса. Это позволяет создать на выходе устройства дополнительное разрежение и увеличить мощность проходящего через него потока.

Установка преобразователя по направлению на поток осуществляется флюгером 15 или другим известным методом.

Предлагаемое техническое решение позволяет увеличить коэффициент использования энергии потока ветра и воды и может найти широкое применение в качестве автономного источника энергии для широкого спектра мощностей.

Данную конструкцию целесообразно использовать для деривационных каналов и канализованных быстротоків МГЭС. Например, в качестве микро-ГЭС данная установка, установленная в русле реки, может обеспечить электропитание бакенов и навигационных знаков для судоходства.

Более мощные подобные гидро- и ветроустановки, размещаемые на быстротоках воды или в зоне постоянных ветров, могут быть спроектированы под задачи заказчиков.

В процессе работы над устройством был изготовлен и испытан макет ветроустановки с диаметром дисков 300 мм, подтвердивший заявленные преимущества.

Библиографический список

1. Пат. 3883750 США: 290-55, опубл. 1975.
2. Пат. 4309146 США: 290-55, опубл. 1987.
3. Vorrichtung für Umwandlung der kinetischen Energie eines beschleunigten Fluids in elektrische Energie: Заявка 252934 ФРГ / Lieban E., Lieban J.; заявл. 2.07.75.
4. Leyland D.W. Equipment for small hydro Schemes a review of progress // International Water Power and Dam Construction. 1987. V. 39. P. 20-24.
5. Пат. 2205291 Рос. Федерация: МПК⁷ F03D1/00, патентообладатель Тамбовский воен. авиацион. инженерн. ин-т.
6. Преобразователь энергии потока: пат. 101739 Рос. Федерация: МПК⁷ F03D1/00, патентообладатель: УрФУ.

ГАЗОВЫЕ МИКРОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ – ИННОВАЦИОННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Диденко Е. С., Архипова И.Г.Абрамова Э.В.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Иногда люди настолько привыкают к чему-либо, что даже не задумываются о том, как оптимизировать ту или иную сферу своей деятельности. Так, например, многие продолжают подключаться к центральным сетям тепло- и энергоснабжения даже в том случае, если это дорого, долго и неудобно, не думая о том, что в настоящее время созданы устройства, позволяющие добиться гораздо лучших результатов за меньшие деньги, и устройства эти – газовые микротурбины.

Микротурбина – это небольшое модульное устройство, производящее электроэнергию и тепло, работающее на топливе любых видов газа (природный, попутный нефтяной, биологический газы, шахтный метан, сжиженный пропан, бутан, дизель или керосин).

Сегодня микротурбины могут использоваться как автономный источник энергии, они способны обеспечивать энергоснабжение отдаленных поселков, отдельно стоящих зданий, строительных площадок, нефтяных месторождений, нефтяных вышек, удаленных станций связи и других объектов, где электрическая сеть недоступна. Кроме того, микротурбина может применяться как резервный источник энергии. Ведь на некоторых предприятиях и учреждениях прекращение подачи электроэнергии даже на считанные минуты может быть чревато серьезными последствиями – такое может произойти в банках, больницах и т.д. Поэтому там очень уместна микротурбина, готовая в любое мгновение взять заботу по выработке электроэнергии на себя.

Важно отметить, что политика энергоресурсоэффективности является одной из приоритетных составляющих стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан. Ее основная цель — рациональное использование углеводородного сырья, в том числе попутного нефтяного газа. «Нефтяные компании Татарстана заинтересованы в использовании микротурбинных энергетических установок для утилизации попутного нефтяного газа» – об этом заявил президент Татарстана Рустам Минниханов в ходе недавней встречи с президентом американской Capstone Turbine Corporation Дарреном Ричардом Джеймисоном в офисе нефтяной компании «Татнефть» в Альметьевске. Это объясняется тем, что ПНГ является ценнейшим сырьем для нефтехимической промышленности, которого в республике в избытке. Но даже при развитой инфраструктуре сбора ПНГ в Татарстане есть достаточно много мест, куда тянуть трубу для сбора газа дорого и неэффективно. Там-то и предполагается использование газотурбинных энергетических установок малой мощности (от 30 до 200 кВт), предназначенных для утилизации низкопотенциального тепла. При этом микротурбинные энергетические установки можно использовать не только

для утилизации ПНГ, но и в качестве энергоисточников для удаленных населенных пунктов республики.

По технико-экономическим показателям рассматриваемые установки имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционно применяемыми газопоршневыми агрегатами. К числу таковых относятся: низкая стоимость обслуживания, высокая надежность, практически полное отсутствие вибрации, небольшие габариты. Однако, важнейшим свойством микротурбин является их экологичность. Они выдерживают самые строгие требования со стороны экологических служб и других надзорных органов, так как обладают самой низкой эмиссией вредных веществ по сравнению с другими технологиями (газовые турбины, поршневые двигатели).

Таким образом, микротурбины являются достаточно инновационным продуктом малой энергетики, который позволяет экономить на энергоресурсах, персонале, заботиться об окружающей среде и выводит производство на новый технологический уровень.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ

Димитриев О.Г.

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: oleja_04_05_1991@mail.ru

Целью проекта является проектирование автономного частного дома с минимизацией потерь тепла из него и повышение экономичности при использовании нетрадиционных источников энергии на территории Тюменской области и территориях со схожими экологическими условиями.

В данной работе спроектирован 2-х этажный дом с подвалом (стены которого являются фундаментом) и колоннами. Дом имеет зал, 4 спальных комнаты, веранду на 2-м этаже, по туалету на каждом этаже, ванную комнату на 1, вход в подвал с прихожей, винтовую лестницу на 2 этаж из зала, 3 отдела в подвале (два из которых используются в качестве помещений для энергетического оборудования). В целях сохранения тепла в доме несущие стены выполнены в виде «сэндвича» из газоблоков, между которыми находится слой пенополиуретана, перегородка между 2-м этажом и крышей выполнена из дерева и пенополиуретана, перегородка между 1 и 2 этажами выполнена из железобетона и дерева для большей прочности, перегородка между подвальным помещением и 1-м этажом выполнена из железобетона и дерева с прослойками из пенополиуретана.

В качестве источника энергии, который будет обеспечивать подачу тепла и электричества, используется ветер, энергия которого будет преобразована в механическую (энергию вращения), затем в электрическую (через электродвигатель) и часть её в тепловую (с помощью электрического котла). Поскольку энергия Солнца на территории Тюменской области достаточно мала, то не имеет смысла её использовать. Если дом автономен, то неудобно использовать газ. Использование подземных вод сделает дом автономным (соответственно необходима автономная канализация).

Подобные методы энергосбережения могут сэкономить затраты на энерго- и водообеспечение любого частного дома.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ГЕЛИОТРОПА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФЭП

*Завьялов А.С., Велькин В.И.
УрФУ, v.i.velkin@ustu.ru*

Для получения максимальной производительности солнечных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) необходимо осуществлять постоянную ориентацию на солнце. Для этого была разработана [1] и усовершенствована конструкция, которая обеспечивает вращение ФЭП в горизонтальной плоскости, постоянно ориентируя их на Солнце – гелиотроп.

Разработанный гелиотроп обеспечивает непрерывное слежение за Солнцем ФЭП в течение суток. Суммарный угол поворота установки за один час в горизонтальной плоскости равен 15 градусам. Вращение установки осуществляется от механической системы, аналогичной часовому механизму. Система приводится в рабочее состояние посредством ручного завода пружины. Отсюда название – механический гелиотроп. Периодичность завода – 1 раз в сутки.

Установка на базе механического привода имеет преимущество перед аналогичными установками на базе электрического: у нее нет потребления электроэнергии на собственные нужды, что повышает коэффициент полезного действия всей фотоэлектрической системы, а также значительно снижает её стоимость.



Общий вид установки представлен на рис. 1. Схема установки представлена на рис. 2.

Рис. 1.
Общий вид установки

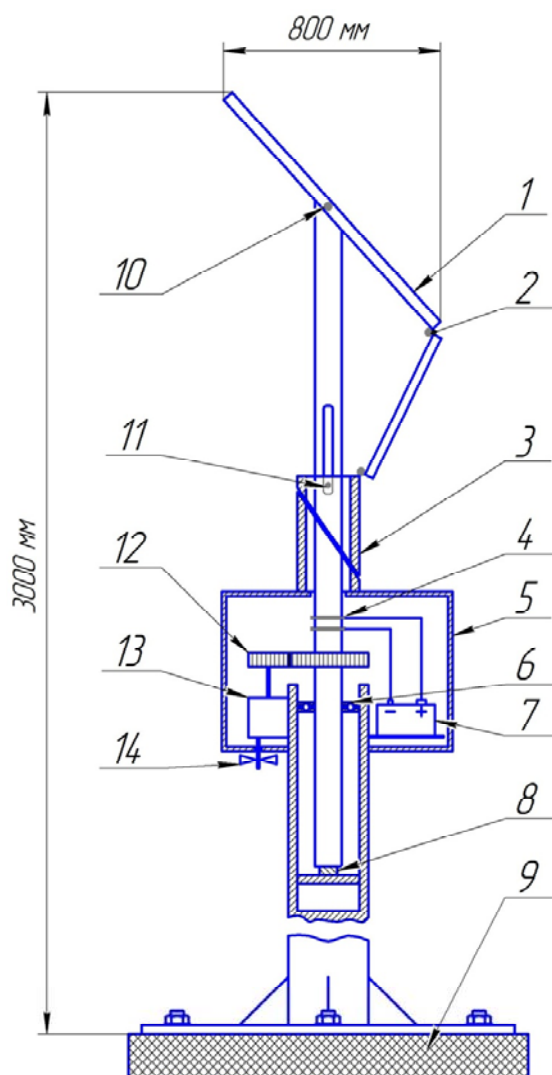


Рис. 2. Механический гелиотроп

Установка имеет следующие элементы:

- 1 – фотоэлектрические преобразователи;
- 2 – шарнир;
- 3 – механизм наклона ФЭП;
- 4 – токосъемник;
- 5 – защитный кожух;
- 6 – упорный подшипник;
- 7 – аккумуляторная батарея;
- 8 – опорный подшипник;
- 9 – бетонное основание;
- 10 – шарнир; 11 – штифт;
- 12 – зубчатая цилиндрическая передача;
- 13 – аналог часового механизма;
- 14 – механический завод

Применение механического гелиотропа в составе фотоэлектрической системы позволит повысить производительность установки на 20-25 % по сравнению со стационарной ориентацией фотоэлектрических преобразователей «на юг». Это, в свою очередь, приведет к снижению удельной стоимости всей фотоэлектрической системы. В сравнении с конструкцией на электрическом приводе, выигрыш механического гелиотропа составит 10-15 % за счет отказа от потребления и без того незначительного количества вырабатываемой ФЭП энергии.

Библиографический список

1. Стариков Е.В., Смирнова П., Велькин В.И. Разработка устройства непрерывной ориентации ФЭП на Солнце // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Материалы Всерос. студенческой олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. С. 299-301.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОДЗАРЯДКИ АКБ ОТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ФЭП В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

Завьялов А.С., Велькин В.И.

УрФУ, v.i.velkin@ustu.ru

Борьба за энергоэффективность, развернутая в мире, реализуется через развитие технологий, совершенствование конструкций оборудования и повышение КПД.

Известно, что в ночное время солнечные фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) не функционируют, и аккумуляторные батареи под нагрузкой разряжаются. В то же время, на многочисленных предприятиях, строительных площадках, охраняемых территориях и во дворах в течение длительного времени ночью работают мощные прожекторы и светильники, при этом значительная доля света теряется, поступает «в никуда».

Целью исследования было определить принципиальную возможность подзарядки АКБ от фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), воспринимающих свет от различных светильников, и выбрать наиболее эффективный источник искусственного освещения с точки зрения возможного использования ФЭП ночью.

Темное время суток можно назвать «мертвым временем» для ФЭП: с наступлением сумерек и до утра солнечные панели фактически простаивают. Суть проводимого исследования заключалась в разработке системы «рекуперации» искусственного света без снижения эффективности основной функции – освещения. Принцип функционирования системы представлен на схеме (рис. 1)

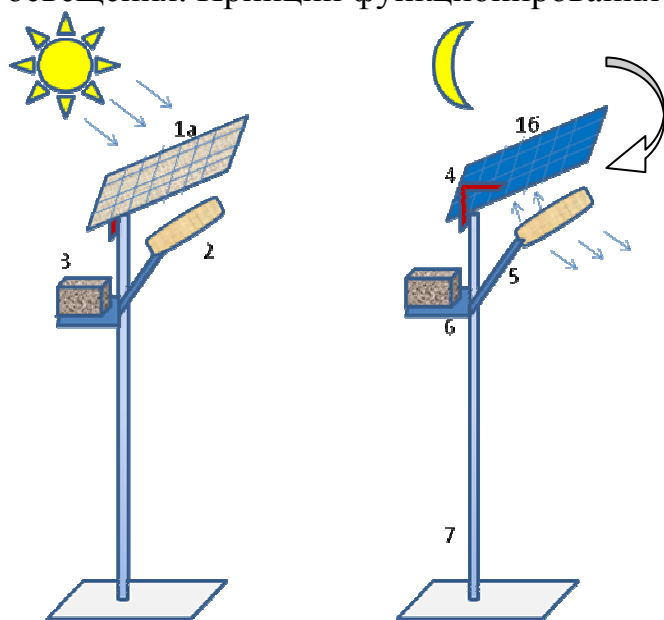


Рис. 1. Схема устройства для использования ФЭП в дневное и ночное время

1а) ФЭП, ориентированная на солнце (активная ориентация в дневное время); 1б) ФЭП, ориентированная на лампу (пассивная ориентация в ночное время); 2 - светильник; 3 - аккумуляторная батарея; 4 - кронштейн крепления ФЭП; 5 - кронштейн крепления светильника; 6 - подставка для АКБ; 7 - столб светильника.

Конструкция современных прожекторных ламп предусматривает ненаправленное излучение в геометрии 2π . Отражатель светильника, выполняющий одновременно и защитную (от осадков) функцию, создает направленность и усиливает освещенность. При этом поверхность отражателя нагревается, но, разумеется, речь о выработке дополнительной энергии не идет.

Фотоэлектрическая панель, смонтированная над лампой освещения, в дневное время могла бы, выполняя свою функцию, заряжать от солнечной энергии АКБ, а в ночное, при условии её разворота на 180° – вырабатывать энергию от света прожекторной лампы.

Для проведения исследований возможности использования ФЭП и светильника были выбраны следующие типы источников искусственного освещения:

1. Прожекторная лампа накаливания (ЛН), 250 Вт.
2. Люминесцентная лампа ДРЛ, 250 Вт.
3. Натриевая лампа ЖКТ, 250 Вт.

Методика проведения исследований заключалась в определении влияния искусственного освещения от каждого из указанных источников на мощность, генерируемую ФЭП, а также определение зависимости мощности ФЭП от угла наклона, расстояния до источника света и сопротивления нагрузки.

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты (рис. 2-4)

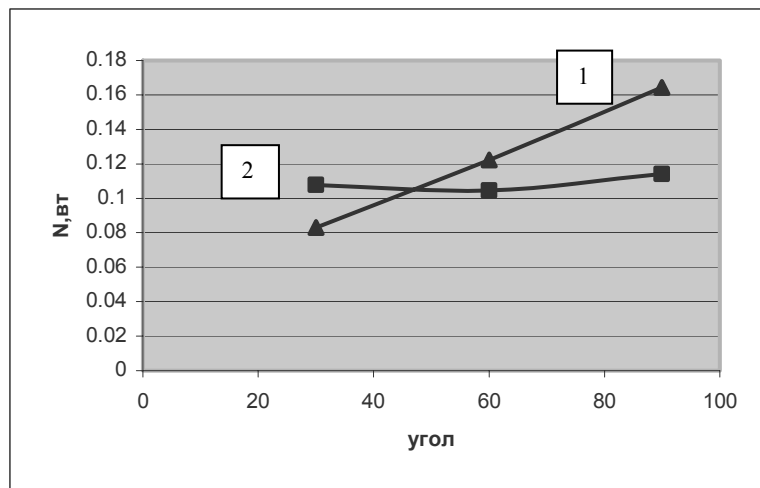


Рис. 2. Зависимость мощности фотоэлектрической панели от угла наклона ФЭП (1 - натриевая лампа; 2 - лампа ДРЛ)

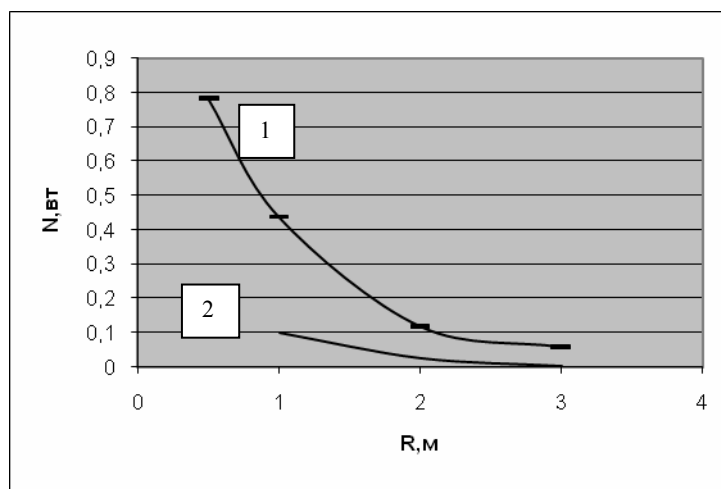


Рис. 3. Зависимость мощности фотоэлектрической панели от расстояния до источника освещения (1 - натриевая лампа; 2 - лампа ДРЛ)

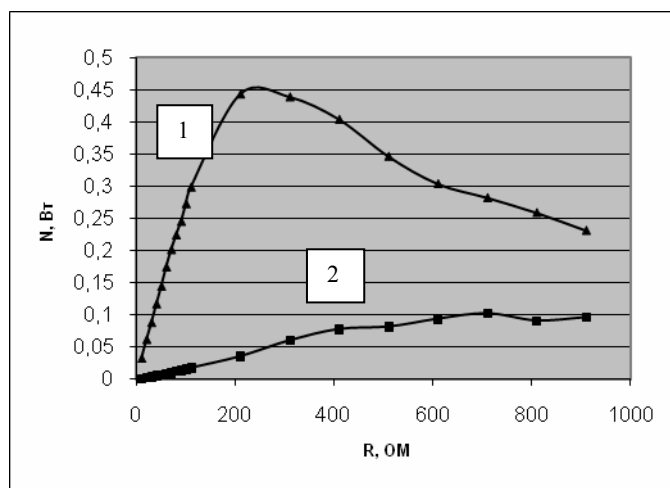


Рис. 4. Зависимость мощности фотоэлектрической панели от величины нагрузки (1 - натриевая лампа; 2 - лампа ДРЛ)

Выводы:

1. Чем ближе ФЭП к источнику освещения, тем большую мощность можно «снять», однако относительная величина составляет всего 3-4 % от падающей на ФЭП мощности.
2. Мощность ламп уменьшается асимптотически с отклонением ФЭП от нормали источника освещения.
3. Кпд натриевой лампы существенно выше, чем у лампы ДРЛ, и значительно выше кпд лампы накаливания (поэтому ЛН на графиках не представлена).
4. Наивысший эффект достигается при расположении ФЭП на расстоянии 200-300 мм от натриевой лампы ЖКТ.

Указанные значения эффективности использования искусственных систем освещения для подзарядки от ФЭП (4-5 %) показывают принципиальную возможность подзарядки АКБ, однако имеют показатели, которые в настоящее время не представляют интереса для широкомасштабного внедрения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ФЭП ПРИ ОСВЕЩЕНИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА УралЭНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LED-СВЕТИЛЬНИКОВ

*Завьялов А.С., Серкова Е.В., Велькин В.И., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.
УрФУ*

Использование солнечной энергии в средней полосе России, как возобновляемого источника, до последнего времени вызывало сомнения. Однако, с появлением низкоэнергоемких систем — светодиодных ламп (LED-светильников), потребитель начинает понимать возможность эффективного их применения в комплексе с солнечными фотоэлектрическими преобразователями и замены люминесцентного освещения [1, 2].

В результате проведения энергетического обследования учебных корпусов УрФУ в 2009 г. было установлено, что на освещении коридоров университета потребляется более 3 млн кВт·ч электроэнергии и это «стоит» учебному заведению 4,2 млн рублей бюджетных средств в год.

В настоящее время в УрФУ разработан и запущен пилотный альтернативный проект освещения коридора 8-го учебного корпуса (ранее - теплоэнергетического факультета) УралЭНИН (Уральского энергетического института) УрФУ с использованием солнечных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) [3]. Для этого на южной стороне здания 8-го учебного корпуса смонтированы 5 панелей ФЭП пиковой мощностью 1180 Вт, проложен электрокабель к щитовой, выбраны и смонтированы контроллер и инвертор.

Компоновка оборудования системы на рабочем месте представлена на рис. 1.

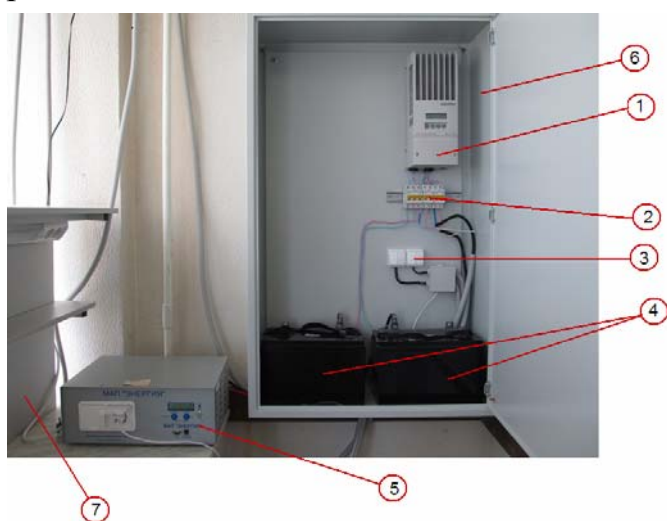


Рис. 1. Компоновка оборудования системы LED-освещения коридора 8-го учебного корпуса: 1 – контроллер заряда; 2 – автоматы отключения ФЭП и АКБ; 3 – выключатели светильников; 4 – аккумуляторные батареи (2 шт.); 5 – инвертор; 6 – распределительный шкаф; 7 – лабораторный стол.

В ходе экспериментов были рассмотрены несколько вариантов использования LED-светильников в комплексе с ФЭП и аккумуляторными батареями (АКБ) с целью

определения времени функционирования всей системы до полного разряда АКБ. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

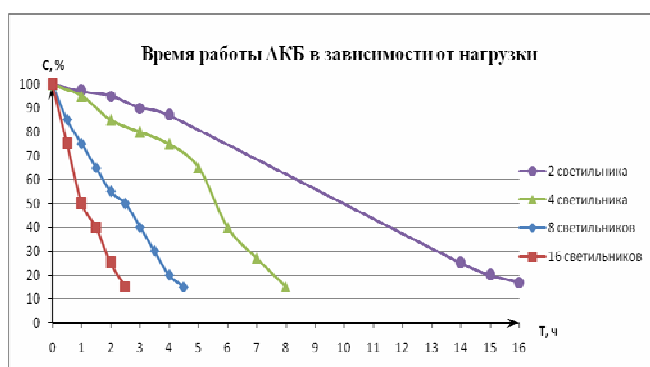


Рис. 2. Продолжительность функционирования системы АКБ с нагрузкой, состоящей из различного количества LED-светильников (2, 4, 8 и 16 светильников)

В ходе экспериментов на смонтированной системе светодиодного освещения

проводились ежедневные замеры показаний поступления солнечной радиации. Они фиксировались как контроллером, так и метеостанцией. Это производилось с целью установить работоспособность системы при различных погодных условиях и различных вариантах конфигурации, а также для верификации данных контрольно-измерительных приборов системы, сравниваемых с данными, полученными от метеостанции (рис. 3).

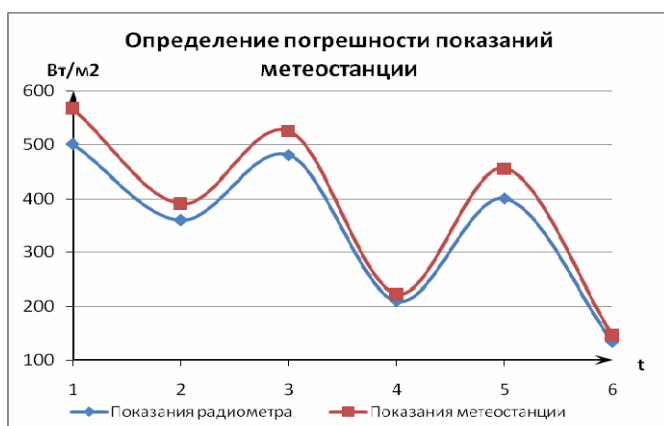


Рис. 3. Определение погрешности показаний инсоляции метеостанции с помощью контрольного радиометра

Актуальность проекта состоит в значительном снижении затрат бюджетных средств на освещение муниципальных учреждений, школ, больниц, вузов за счет внедрения инновационных технологий применения LED-светильников,

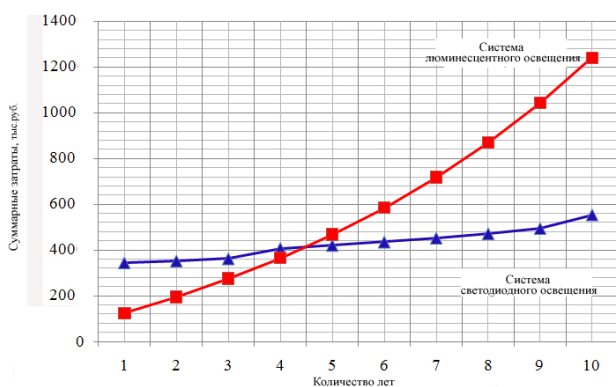
использующих солнечную энергию и прямое преобразование её в ФЭП.

В отличие от простой замены существующих систем освещения на LED-светильники в данном проекте предусматривалась существенная научная компонента. Она заключалась в исследовании потенциала и возможностей использования солнечной энергии в районе с резко-континентальным климатом (Уральский федеральный округ) для покрытия минимальных потребностей учреждений (в т. ч. бюджетных) в электроэнергии.

УрФУ, являясь одним из крупнейших вузов России, является отправной точкой для дальнейшего внедрения энергосберегающей технологии с комплексным использованием солнечных ФЭП и LED-светильников во всех высших учебных образовательных учреждениях города и региона.

Одним из основных критериев технико-экономической оценки проекта является его окупаемость. Расчетный срок окупаемости для первой очереди проекта (УрФУ) составляет 4,5 года.

На основании результатов проведенных экспериментов выполнен экономический анализ и расчёт срока окупаемости для светодиодной системы с использованием светодиодов американской корпорации Cree и применением



солнечных ФЭП указанной выше пиковой мощности (рис. 4). В весенне-летне-осенний период солнечные ФЭП позволяют отказаться от платежей поставщику электроэнергии только в случае применения низкоэнергозатратных LED-светильников.

Рис. 4. Суммарные затраты на освещение 8-го учебного корпуса и окупаемость проекта

Указанный срок окупаемости проекта базируется на существенном сокращении эксплуатационных расходов (оплата за потребленную электроэнергию) в период функционирования светодиодной системы по сравнению с существующей системой люминесцентного освещения.

Выводы

1. Переход на светодиодное освещение значительно (до 3-х раз) снижает затраты госучреждений, в частности вузов, на энергоснабжение на цели освещения.
2. Использование солнечных ФЭП целесообразно только при использовании низкоэнергозатратных LED-светильников.
3. Применение в комплексе LED-светильников и солнечных ФЭП позволит до 4-х раз снизить эксплуатационные затраты и повысить надежность энергоснабжения как в вузах мегаполиса, так и в учреждениях, расположенных на территориях средней полосы России, удаленных от централизованного энергоснабжения.

Библиографический список

1. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Виссарионов В.И. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002. 305 с.
2. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.
3. Андреева Т., Банных С.М., Велькин В.И. Исследование эффективности светодиодных светильников в комплексе с солнечными ФЭП // Энергетика XXI века. Техника, экономика и подготовка кадров: Сборник материалов Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрФУ, 2011. С. 90-95.

РАЗРАБОТКА ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА

*Киричев А. В., Кирпичникова И.М.
Южно-Уральский государственный университет
ionkim@mail.ru, alex93-08@bk.ru*

До недавнего времени считалось, что на территории Урала использовать солнечную энергию в целях тепло- и электроснабжения неэффективно. Однако последние исследования показывают, что солнечные энергоустановки с мая по август могут быть успешно использованы в качестве одного из источников горячей воды на большей территории нашей страны, включая Уральский регион. В осенне-зимний период они могут использоваться как дополнительные водонагреватели, уменьшая нагрузку на котельные и увеличивая срок их службы. Для повышения эффективности преобразования солнечной энергии рекомендуется применять солнечные концентраторы.

Нами был разработан лабораторный стенд, имитирующий активную систему солнечного энергоснабжения, которая представляет собой емкость с водой (приемник солнечной энергии) и систему сменных концентраторов с различной формой отражающих поверхностей. При этом система концентраторов имеет механизм слежения за траекторией движения Солнца, имитатором которого является источник света.

Концентраторы, расположенные на двух платформах модели для исследования, имеют следующие виды отражающих поверхностей (рис. 1):

- Совокупность пяти вогнутых зеркал;

- Цилиндрическая ячеистая поверхность с отражающим материалом в каждой ячейке;
- Большая сферическая поверхность, покрытая отражающим слоем, установленная вертикально;
- Совокупность трёх сферических поверхностей, при этом одна находится напротив другой и третья перпендикулярно к обеим, покрытых отражающим слоем;
- Малая сферическая поверхность, отклонённая от вертикали приёмной области на острый угол, покрытая отражающим слоем;
- Коническая поверхность с цилиндрическим отверстием в центре, покрытая отражающим слоем.



Рис. 1. Виды концентраторов

Чтобы добиться максимального эффекта от концентрации солнечного излучения и, соответственно, получить наибольший эффект по нагреванию рабочего тела, нужно знать оптимальный угол наклона концентратора по отношению к Солнцу. Как известно, для каждой географической широты этот угол имеет свое значение, причём его величина меняется в зависимости от времени года. Был проведён расчет максимальной высоты Солнца в верхней кульминации h_{max} на 1-е число каждого месяца года (по календарю 2010 г.) на широте г. Челябинска ($55^{\circ}09'$ с. ш.) (таблица).

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Угол	12°	23°	26°	30°	47°	56°	57°	46°	43°	31°	22°	13°
h_{max}	65'	65'	91'	51'	21'	07'	37'	17'	71'	31'	91'	75'

В соответствии с полученными значениями угла h_{max} можно регулировать угол наклона источника и положения концентратора к линии горизонта.

Контроль нагрева воды в приемнике проводился для двух условий:

- Сосуд с водой не окрашен;
- Сосуд с водой окрашен в чёрный цвет.

При этих условиях исследовались характеристики всех имеющихся на стенде концентраторов.

Эксперименты проводились на демонстрационной модели (рис. 2):



Рис. 2. Вид демонстрационной модели

Как и предполагалось, в сосуде, окрашенном в черный цвет, вода нагревалась быстрее, чем в обычном сосуде. Однако время нагрева зависело от вида концентратора.

Главным критерием эффективности отражающей поверхности для сравнительного анализа стало время нагревания воды на одну и ту же разницу температур. Так, с помощью концентратора, представляющего систему из пяти зеркал, расположенных под определенным углом друг к другу, нагрев воды происходил с повышением температуры переменными темпами (рис. 3).

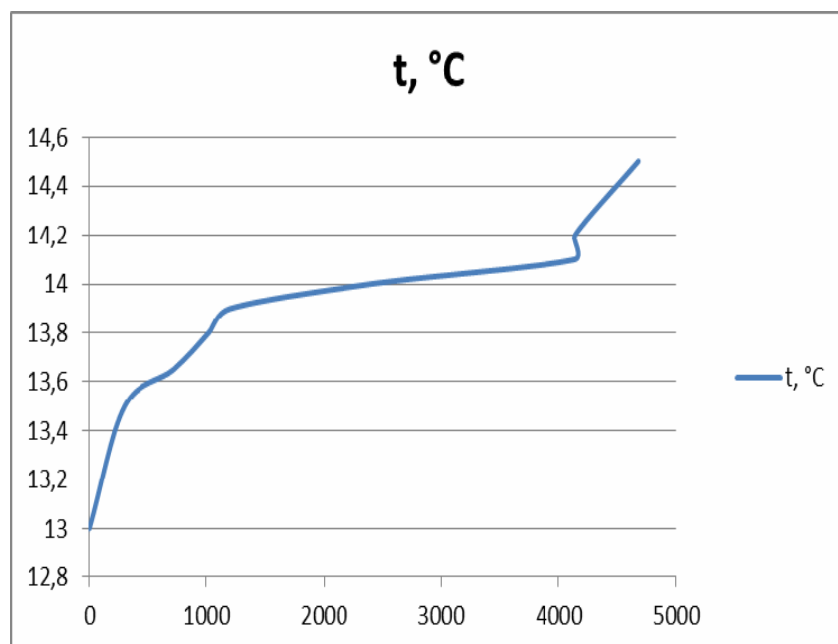


Рис. 3. Зависимость температуры воды от времени работы концентратора

Цилиндрическая ячеистая поверхность с отражающим материалом в каждой ячейке оказалась неэффективной, так как через час с небольшим после на-

чала эксперимента рост температуры прекратился, и достичь разницы температур в $1,5^{\circ}\text{C}$ не удалось.

Для остальных видов отражающих поверхностей провести эксперимент непосредственно по нагреванию воды не представляется возможным из-за слишком малых объемов приёмных сосудов и неудобства осуществления измерений в этих формах отражающих поверхностей. Поэтому эффективность концентрации светового излучения определялась из естественных очевидных наблюдений охвата сконцентрированными лучами каждого приёмного сосуда. Визуально таким образом было определено, что наибольший эффект концентрации даёт коническая поверхность с цилиндрическим отверстием в центре.

Сравнение полученных результатов позволило сделать вывод о том, что наиболее эффективным оказался вид отражающей поверхности, представляющий совокупность пяти вогнутых зеркал.

Таким образом, проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что разработанная модель позволяет изучать различные виды солнечных концентраторов для эффективного использования солнечных лучей для получения горячей воды и определять целесообразность их использования в зависимости от географической широты местности.

КОМБИНИРОВАННЫЕ КОТЛЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА ЭНЕРГИИ ВЕТРА

*Колбин М.А., Мусин Р.Г., Дергачев Д.С., Вахитова Р.И.
Альметьевский государственный нефтяной институт
teplotexAGNI@yandex.ru*

Введение

В нынешнее время сложилось представление, что использование электрокотлов — это дорогое удовольствие. Понятно, что электричество значительно дороже газа и несколько дороже дизельного топлива. Если газопровод находится в сотнях километров от вашего объекта, а проведение газопровода будет стоить 1 млн рублей на 1 км газопровода, то выгоднее установить комбинированный котел с ветроустановкой.

Описание установки

Рассмотрим данный вид оборудования, он представляет собой комбинированный котел, который работает на двух видах топлива (электроэнергии и пеллетах), и ветроустановки. Котел будет потреблять электроэнергию от ветроустановки, но в безветренную погоду данный котел будет работать на электроэнергии от местных электрических сетей или же отапливаться пеллетами.

Первоначальные вложения

1. Стоимость оборудования. В случае с комбинированным котлом, понадобится заплатить только за котел и ветроустановку, в то время как при использовании жидкотопливного котла вам понадобится сам котел, плюс навесная горелка, плюс емкости для хранения жидкого топлива, что скорее всего, будет стоить дороже.

2. Стоимость монтажа. Установка электрического котла, в корпусе которого обычно находится большинство элементов, необходимых для его

безопасной работы и управления, стоит в несколько раз меньше, чем суммарная стоимость монтажа и пуско-наладки жидкотопливного котла с навесной горелкой, установки бака для топлива, монтажа дымовой трубы.

3. При отсутствии газопроводной линии данная установка в экономическом плане обойдется дешевле, чем подвод газопроводной линии.

Эксплуатация.

1. Электрический котел конструктивно гораздо проще, чем жидкотопливный. Он не нуждается в постоянном обслуживании и чистке, обязательных для жидкотопливного котла, и стоящих обычно несколько сотен долларов в год.

2. Для жидкотопливного котла надо будет регулярно заказывать подвоз топлива. Данный котел при совместной работе с ветроустановкой не потребует никаких затрат по потреблению электроэнергии.

3. Экологичность, отсутствие посторонних запахов.

Проведем несложный экономический расчет данной установки.

Стоимость данного оборудования на отапливаемую площадь около 100 кв. м составит:

1. Комбинированный котел Wirbel ЕКО-ЕL 14/6 — 40000 руб. Котлы твердотопливные электрические Wirbel ЕКО-ЕL — это стальные водогрейные универсальные котлы мощностью от 14 до 80 кВт со встроенными ТЭНами, предназначенные как для сжигания твердого топлива, так и для работы на электричестве.

2. Ветроустановка ВЭУ-10/7 — 250000 руб.

Общая стоимость всей установки составит примерно 300000 руб.

В России отопительный сезон может начинаться с середины сентября и заканчиваться в конце апреля — начале мая, это примерно восемь месяцев отопительного сезона.

Для наглядности сделаем расчет без ветроустановки.

Данный котел потребляет $6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \times 24 = 144 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут.}$, стоимость электроэнергии составляет около 2 руб. за $\text{кВт} \cdot \text{ч}$. При непрерывной работе данный котел будет потреблять электроэнергии на 288 руб. в сутки. Соответственно, за месяц он потребует 8640 руб. И за весь отопительный сезон стоимость электроэнергии составит 69120 рублей. Таким образом, мы видим, что данная ветровая установка окупает себя за 3,6 отопительных сезона. Полностью вся установка окупается за 4,3 отопительных сезона.

Данный экономический расчет является ориентировочным, так как в нем не принимаются во внимание:

- автоматическое отключение котла при достижении заданной температуры;

- не учитывается ветровой режим местности, а также то, что бывает безветренная погода, и установка должна работать на пеллетах, стоимость которых при экономическом расчете не оценивалась.

Можно сделать следующие выводы о данной установке. Установку можно применить на производстве, в частности, в компании ОАО «Татнефть» для отопления помещений операторов и прочих зданий и сооружений, находящихся вдали от газопровода и теплотрассы.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Коробков Д.С., Сидоренков В.А.

Челябинская государственная агроинженерная академия
denkorobkov@yandex.ru

Измерительные комплексы в электрических сетях работают в различных условиях эксплуатации, когда параметры электрической энергии зачастую отличаются от нормируемых ГОСТом значений. Эти отклонения, в свою очередь, негативно сказываются на точности измерения количества потребленной (переданной) электрической энергии.

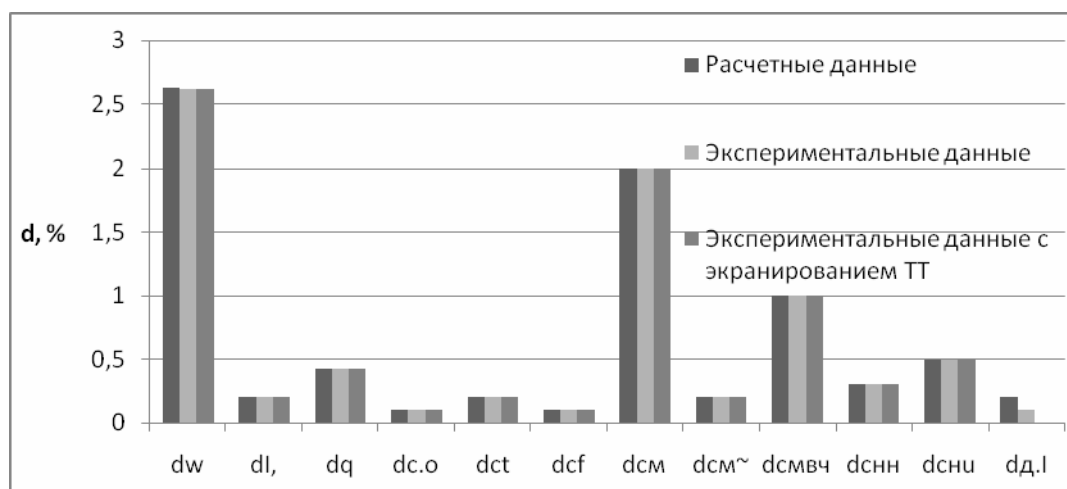
Проведенный анализ составляющих результирующей погрешности измерительного комплекса показал, что недостаточно учитывается влияние внешних магнитных полей (поля тока основной гармоники) на их работу. При этом известные методы определения токовой погрешности от данного фактора являются громоздкими и труднореализуемыми на практике.

Для оценки влияния внешних магнитных полей на работу измерительного комплекса проведены соответствующие исследования. По результатам исследования предложены методика расчета погрешности измерительного комплекса и технические мероприятия, позволяющие повысить точность проводимых измерений.

В качестве технического мероприятия рассмотрены возможности экранирования измерительного комплекса. Для снижения погрешности измерительных трансформаторов тока (ТТ) разработан «Экранированный тороидальный трансформатор». Новизна устройства защищена патентом РФ на полезную модель.

Для подтверждения результатов теоретических исследований проводились необходимые опыты. Экспериментальные исследования проводились на разработанном стенде по изучению влияния внешних магнитных полей на измерительные трансформаторы тока.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунке.



Сравнительная диаграмма экспериментальных данных

Анализ данных показывают, что применение экранированного тороидального трансформатора тока в измерительных комплексах позволяет уменьшить величину токовой погрешности dI и, соответственно, снижение результирующей погрешности измерительного комплекса dW .

В ходе эксперимента исследовалось влияние расположения трансформаторов тока в пространстве внутри ячейки КРУ. Сочетание двух способов для измерительных ТТ позволяет значительно снизить значение токовой погрешности.

Таким образом, на погрешности измерительных комплексов дополнительное влияние оказывает электромагнитное поле, которое образуется вокруг трансформаторов тока. Техническое мероприятие, предусматривающее экранирование ТТ и изменение геометрического положения его в ячейке КРУ, позволяет снизить погрешности в измерениях и добиться лучших результатов, чем при раздельном их использовании.

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРУБОПРОВОДОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС

Коровин К.А., Токов А.Ю.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

Целью исследования является изучение возможности продления ресурса энергоблока № 3 Ленинградской АЭС, в настоящее время уже отработавшего назначенный срок службы (30 лет). Объект анализа – всасывающие и напорные трубопроводы Ду750 контура многократной принудительной циркуляции (КМПЦ). В работе получены расчетные оценки накопленного усталостного повреждения и остаточного ресурса с учетом фактической истории нагружения трубопроводов КМПЦ блока № 3 ЛАЭС.

Оценка остаточного ресурса выполнена в следующей последовательности:

1. Расчет прочности трубопроводов Ду 750 КМПЦ.
2. Выявление элементов трубопроводов с наибольшей суммарной накопленной усталостной повреждаемостью: отвод и сварные швы «Отвод – прямая труба» и «Прямая труба – прямая труба» (всего – 3 элемента).
3. Расчет циклической прочности с учетом влияния концентраторов напряжений сварных соединений, расточки, разностенности, смещения кромок и т. д., допускаемых НТД на сварку, влияния водной среды.

На первой стадии оценки остаточный ресурс определен по статической прочности трубопровода. Ввиду отсутствия данных об уменьшении толщин стенок за период эксплуатации принято, что утончение плакирующего слоя стенок элементов трубопроводов, контактирующего с теплоносителем, происходит только за счет коррозионного износа. Прибавка на коррозионный износ для аустенитной стали в соответствии с НТД составляет 0,1 мм за 30 лет эксплуатации. Учитывая толщину плакировки (не менее 4,2 мм с учетом отрицательного допуска на толщину стенки), можно сделать вывод о практически неограниченном ресурсе трубопроводов с точки зрения коррозионного износа.

Оценка справедлива при отсутствии иных утончений плакирующего слоя стенки трубопровода, кроме коррозионного. Утончение толщины основного материала трубопровода вследствие коррозионного износа не рассматривалось в связи со значительным сроком уменьшения толщины плакирующего слоя до нуля.

Данные по эксплуатации энергоблока № 3 ЛАЭС взяты за период от ее начала в 1979 г. до обследования в июле 2002 г, т. е. за 22,5 года. В результате расчета на циклическую прочность выявлено, что наибольшую величину суммарной накопленной повреждаемости, равную $a=0,2043$ по фактической истории эксплуатации, имеет сварное стыковое соединение «Отвод Ø858×63 – прямая труба Ø828×28». Далее приняты следующие предпосылки:

а) предельная величина суммарной накопленной усталостной повреждаемости с учетом запаса на сейсмические воздействия составляет $[a_N] = 0,8$;

б) на прогнозируемый срок службы сохраняется структура циклического нагружения, имевшая место за фактически отработанный период.

Корректируя число циклов нагружения с учётом непревышения значения, равного 0,8 накопленной усталостной повреждаемости, получим долю остаточного ресурса по этому фактору $0,8-0,2043 = 0,5957$, что соответствует значению остаточного ресурса $(0,5957/0,2043) \times 22,5 = 65,6$ лет (сверх прошедших 22,5 лет). Следовательно, суммарный срок службы трубопроводов не должен превышать 88 лет.

Полученная оценка является консервативной, поскольку учитывает возможный контакт теплоносителя (воды) с основным металлом трубы, что для плакированных труб будет иметь место только в случае повреждения плакировки. Для реалистичной оценки остаточного ресурса и принятия решения о возможности продления срока службы необходимо знание:

1) условий эксплуатации трубопроводов и фактической истории нагружения с целью определения накопленной усталостной повреждаемости и прогнозирования дальнейшего нагружения;

2) фактических механических свойств основного металла и сварных соединений с целью определения тенденций их деградации и прогнозирования дальнейшего изменения;

3) фактического состояния трубопроводов, важнейшими характеристиками которого являются:

- исполнительная схема трубопроводов;
- данные по выполненным ремонтам, реконструкциям и модернизациям трубопроводов с указанием их целей, описания технологии выполнения, полученных результатов, контроля, состояния трубопроводов после выполнения указанных процедур, а также сроков выполнения;
- данные по выполненным корректировкам (заменам) опор, характеристикам вновь установленных и дополнительных опор;
- данные по ремонтам сварных соединений, новым сварным соединениям, дефектности, результатам контроля;
- данные по результатам контроля основных перемещений и т.д.

Настоящий расчет выполнен по проектным данным для трубопроводов Ду 750 КМПП с учетом имеющихся данных по фактической истории эксплуатации трубопроводов. При получении всех недостающих данных расчет остаточного ресурса трубопроводов должен быть откорректирован.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЮКЗАКА-ГЕНЕРАТОРА

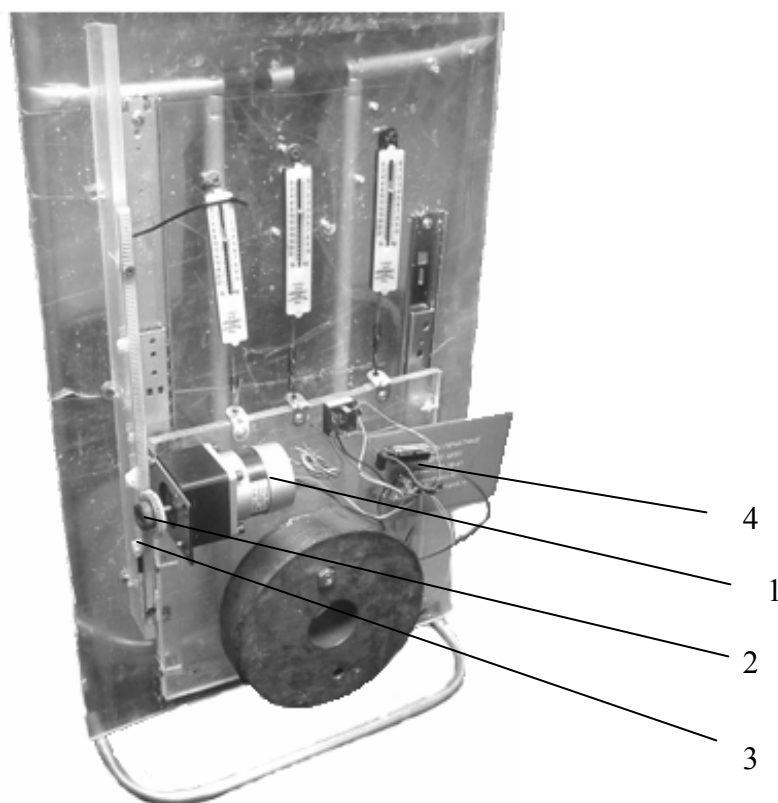
*Крымов Б.С., Полихач Е.А.
Уфимский государственный авиационный технический университет
bk1389@yandex.ru*

Появление разнообразных маломощных потребителей, в том числе мобильных телефонов, GPS-навигаторов, датчиковой аппаратуры и микроконтроллеров, работающих в автономных условиях без связи со стационарными энергосистемами, создает спрос на компактные и мобильные системы электропитания.

В качестве источников энергии могут быть использованы солнечные батареи, малогабаритные ветряные установки, портативные электрогенераторы, приводимые во вращение человеком. Отсутствие их влияния на энергетический баланс планеты, неисчерпаемость и экологическая чистота послужили причиной бурного развития, что подтверждается появлением значительного количества патентов и опытных образцов во всем мире [1].

На сегодняшний день уже существуют такие портативные источники электроэнергии, как линейный генератор возвратно-поступательного движения nPower PEG [2], небольшое наколенное устройство [3], способное преобразовывать энергию движения в электричество, не мешая процессу ходьбы, сандали-генераторы [4]. Во всех этих устройствах преобразуется энергия движения человека в электроэнергию.

Для исследования преобразования энергии движения человека в электричество разработана система «рюкзак–генератор» по материалам патента Лоуренса Рома. Из результатов проведенных исследований известно, что центр масс человека колеблется с синусоидальной амплитудой, что позволяет передавать кинематическое воздействие грузу, за плечами человека. Конструкция рюкзака предусматривает колебания груза. Внешний вид макетного образца рюкзака-генератора представлен на рисунке. В качестве электромеханического преобразователя выбрана синхронная машина на постоянных магнитах с редуктором 1. На валу редуктора закреплена шестерня 2, которая сцепляется с рейкой 3, закрепленной на пластине основания. Колебания подвижной части с помощью рейки-шестерни преобразуются во вращение входного вала редуктора, который используется в качестве мультипликатора. Выход микрогенератора подключается к электронной плате стабилизатора 4, которая также закрепляется на подвижной части.



Макетный образец рюкзака-генератора

Основным критерием выбора синхронной машины на постоянных магнитах послужило отсутствие у данной машины коллекторно-щеточного узла, что в свою очередь снижает потери, которые в микромашинах играют существенную роль.

Экспериментальные исследования проводились с помощью ряда добровольцев (4 человека), которые ходили с рюкзаком на строго горизонтальном участке длиной 50 м. Определялся только один параметр – электрическая мощность, вырабатываемая микрогенератором. Кроме того, испытуемыми проводилась сравнительная оценка удобства ходьбы с рюкзаком-генератором по сравнению с обычным рюкзаком (для чего груз фиксировался) – «менее удобно», «без изменений», «более удобно».

Для измерения электрической мощности в качестве нагрузки использован резистор 18 Ом, рассчитанный на 5 Вт. На этом резисторе измерялось изменение напряжения с помощью цифрового осциллографа АСК-3102. Далее полученные кривые обрабатывались на персональном компьютере.

Результаты опытов следующие – вырабатываемая электрическая мощность от 0,1 до 3 Вт. Средняя оценка удобства ходьбы с рюкзаком-генератором – «без изменений». Таким образом, для получения достаточной выходной мощности необходимо настроить колебательную систему в резонанс.

Проведенные экспериментальные исследования нельзя считать законченными, требуется дальнейшая разработка обобщенной методики экспериментальных исследований, а также разработка компьютерной модели. Также необходимо в дальнейшем разработать зарядное устройство и провести исследова-

ния по зарядке портативных мобильных устройств (мобильных телефонов, GPS-навигаторов и т.д.).

Библиографический список

1. Электрогенератор для зарядного устройства / Бабикова Н.Л., Валеев А.Р. // Сб. трудов IV Всерос. зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых. Уфа: Диалог, 2009. Т. 2. С. 49-52.
2. URL: <http://www.membrana.ru/particle/13429>
3. URL: <http://www.membrana.ru/particle/12293>
4. URL: <http://www.membrana.ru/particle/13163>
5. Патент 20040183306 США, H02P9/04, 2004.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ

Летуновский Г. П.

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: glazok72@mail.ru

Многие идеи современного энергосбережения родились после нефтяного кризиса 1973 года, когда вопросы нехватки энергетических ресурсов вышли на первый план. В конце 70-х годов американский физик Амори Ловинс предложил путь решения этих проблем: эффективнее использовать энергию, а не увеличивать ее производство.

В сфере организации жилого пространства этот принцип диктовал новые требования к бытовым приборам, потребляющим электроэнергию, и к самим зданиям, при каждом этапе проектирования которых главным становились вопросы уменьшения потерь энергии.

Кстати, первые ограничения на количество энергии, утрачиваемое стенами домов, было введено в Великобритании еще в 1965 году.

Поддержание энергоэффективности эксплуатируемого здания в условиях меняющейся окружающей среды было затруднительным без единой системы управления.

Для развития концепции энергосберегающего дома, безусловно, необходимо опираться на богатый опыт эксплуатации различных зданий. Очевидно, что энергоэффективность здания определяется совокупностью многих факторов. Исследования показывают, что при эксплуатации традиционного многоэтажного жилого дома через стены теряется до 40 % тепла, через окна – 18 %, подвал – 10 %, крышу – 18 %, вентиляцию – 14 %. Поэтому свести теплопотери к минимуму возможно только при комплексном подходе к энергосбережению.

Поверхность конструкций здания допускает применение практически всех видов отделочных работ: возможна облицовка кирпичной кладкой, искусственным и диким камнем, разнообразные навесные фасады, окраска фасадами красками, покрытие декоративной штукатуркой, обшивка сайдингом, блок-хаусом. При этом поверхность панелей исключает необходимость черновой отделки – выравнивания, предварительного оштукатуривания.

Все европейские проекты домов и коттеджей спроектированы таким образом, чтобы экономить электроэнергию и тепло, целесообразно использовать каждый квадратный метр полезной площади.

Из приведенных данных следует, что недостаточное термическое сопротивление ограждающих конструкций наиболее существенно снижает энергоэффективность зданий. Однако утеплением лишь ограждающих конструкций нельзя добиться значительного уменьшения теплопотерь, поскольку существенная их доля приходится на так называемые «мостики холода», то есть участки интенсивного теплообмена с окружающей средой.

Такие участки чаще всего образуются в местах контакта плит перекрытий с несущими стенами, в местах примыкания к наружным стенам внутренних стен и перегородок, а также при проседании некачественного теплоизоляционного материала в трехслойных ограждающих конструкциях с утеплителем в качестве среднего слоя.

Еще одной немаловажной проблемой являются теплопотери через окна. Наиболее простой подход к решению этой проблемы – уменьшение площади окон – далеко не всегда приемлем, поскольку ухудшает комфортность и микроклимат помещений. Эта дилемма наилучшим образом разрешается использованием современных трехслойных стеклопакетов с низкой теплопроводностью.

Помимо вышеперечисленных аспектов пассивного энергосбережения, также стоит упомянуть о новейших решениях с привлечением высоких технологий. Имеются в виду интеллектуальные системы отопления, позволяющие оптимизировать поступление и распределение тепла в здании, то есть обеспечить необходимое и достаточное его количество, тогда и там, где это необходимо. Однако такой подход требует внесения значительных и, порой, радикальных изменений в распространенную, в частности, в России, схему нейтрализованного отопления.

Концепция энергосберегающего дома хоть и с заметным запозданием, но находит признание и в России. До недавнего времени дешевизна энергоносителей в нашей стране не позволяла ощутить максимальный экономический эффект от использования современных теплосберегающих материалов и соответствующих инженерных решений. Наблюдался такой парадокс: стоимость строительства в России ниже уровня мировых цен всего на 20-30 %, а стоимость энергоресурсов отличалась в 6-7 раз. Но поскольку Россия взяла курс на построение эффективной экономики и вхождение в мировое сообщество, баланс цен на энергоносители начал восстанавливаться стремительными темпами. Только за два последних года цены на электроэнергию выросли на 45,8 %, а на газ – на 63,5 %.

Эта работа включает в себя выбор материалов для постройки ограждающих конструкций дома, расчета теплопотерь этих конструкций, компоновки теплового оборудования, план его размещения и подбор оборудования нетрадиционных источников энергии. Решения по проектированию и материалы были подобраны в соответствии с государственными стандартами. Преимущественно использовались экологичные, безопасные и легкодоступные материалы.

Целью работы является определение принципов, лежащих в основе принятия проектных решений при строительстве индивидуальных жилых домов с использованием принципа энергосбережения и эффективного использования энергоресурсов. В основе энергоснабжения жилого дома предусматривается использование солнечной энергии, теплонасосной установки и использования возобновляемого вида топлива в виде древесины. При проектировании собственного энергосберегающего дома было стремление создать максимально теплоизоляционный, доступный в экономическом плане, простой в эксплуатации, экологичный дом. При анализе данных по количеству солнечных дней в нашем регионе, данные показали, что будет очень целесообразно и эффективно использовать солнечную энергию в качестве дополнительного источника энергии. Далее необходимо было обработать огромное количество данных, чтобы определиться с выбором основного оборудования, его оптимальной компоновки.

Одним из уникальных решений, при проектировании моего энергоэффективного дома, будут парафиновые панели. За основу идеи взята величина скрытой теплоты фазового перехода, в этом состоянии парафин может поддерживать заданную температуру в помещении лучше, чем другой теплоноситель. Панели будут расположены в полу и подоконниках.

В процессе проектирования энергосберегающего дома показано, что технологические решения, выбранная компоновка оборудования и материалы не только нестандартны, но и энергоэффективны, и при эксплуатации такого дома будут обеспечены комфорт и безопасность.

БИОТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ И ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВА

*Макарова Д.Н., Валитова Э.Ф., Волкова М.В.
УрФУ, daria.makarova@bk.ru*

Работа затрагивает вопросы охраны окружающей среды, рационального природопользования, а также ресурсосбережения в промышленной области.

Цель работы – уменьшение нагрузки на окружающую среду, благодаря применению комплексного метода, позволяющего одновременно снизить выбросы парниковых газов и водопотребление предприятия, а также получить биотопливо.

Современные реалии таковы, что человечеству необходимо снизить и/или совершенно прекратить дополнительное поступление промышленных газов с высоким содержанием оксидов азота, углерода и серы в атмосферный воздух, где их повышенная концентрация приводит к парниковому эффекту, и удаление которых является энерго- и трудоемким, высокочеловеческим мероприятием. В настоящий момент крайне актуальны вопросы уменьшения нагрузки на компоненты окружающей среды, очистки и экономии водных пресных ресурсов, а также развитие альтернативных источников энергии

В качестве одного из решений мы предлагаем экономичную технологию по связыванию атмосферных загрязнителей, действие которой основано на па-

раматрах жизнедеятельности хлореллы, в результате чего можно существенно снизить водопотребление предприятия и получить биотопливо.

В работе приведена принципиальная схема и описан принцип действия установки, реализующей предложенную технологию. Целесообразность применения хлореллы выявили уже такие отрасли, как сельское хозяйство (использование суспензии хлореллы в качестве корма для скота) и фармакология (создание лекарств и биологически активных добавок на основе хлореллы), однако в качестве сорбента для очистки газов и вод это растение до сих пор практически не рассматривается.

Хлорелла – одноклеточная зеленая водоросль, широко распространенная в природе в пресной и соленой воде, а также в почве. Эти водоросли имеют большую способность к выживанию и размножению в различных, даже самых необычных (таких, как сточные воды) условиях обитания. Предлагается применять хлореллу в установке, где в качестве питательной среды растения используются отходящие газы производственного процесса.

При промывке газов их часть растворится, передавая раствору свою температуру, необходимую для поддержания жизнедеятельности хлореллы. В течение цикла роста биомассы дополнительное питание не требуется, так как все необходимые элементы содержатся в полученном растворе, при этом водоросль, как любое растение, нуждается в свете.

По окончании процесса очистки конденсата на выходе из установки оказывается суспензия, содержащая значительную массу хлореллы и очищенную воду. Их требуется тщательно разделить после контейнера, чтобы водоросль не имела возможности попасть в открытый водоем. Затем воду можно вернуть в производственный цикл предприятия. Хлорелла также может быть использована. Приоритетным способом применения является «сбраживание» и получение метана – продуктивного энергоресурса.

Установка имеет ряд достоинств:

1. Экологичность: очистка отходящих газов и сточных вод.
 2. Прибыльность: значительно снижение расходов на оплату размещения отходов производства в окружающей среде; снижение затрат за счет использования биомассы в качестве топлива; возможность получения прибыли от продажи биомассы сельскохозяйственным предприятиям и производствам иных отраслей.
 3. Компактность установки.
 4. Землесбережение: поскольку хлорелла нуждается только в воде, свете и наличии CO_2 , она, в отличие от других технических культур, не истощает землю, не повышая тем самым стоимости земли и сопутствующих товаров.
 5. Получение результата в короткий срок. Один цикл займет около 2 недель.
 6. Безотходность.
 7. Сравнительная дешевизна.
- Для работы установки требуется необработанная вода (отсутствие затрат на ее предварительную очистку).

– Используемые материалы для изготовления установки – современные (прочные, легкие) дешевле многих конструкционных материалов (металлы, строительные материалы).

– Отсутствуют затраты на специальную подготовку (приобретение, доставку, хранение) CO₂.

Эколого-экономическая эффективность установки определяется высокой способностью хлореллы к поглощению оксидов углерода, азота и серы. Проведенные расчеты на примере котельной, потребляющей 7,4 млн м³ природного газа в год, показывают, что ориентировочно можно сэкономить порядка 137 тыс. руб. в год за счет снижения платы за загрязнение окружающей среды в результате очистки отходящих газов, а также вернуть в цикл до 1,3 млн л в год технической воды. Учитывая, что в результате работы установки ожидается получение биотоплива, то дополнительную прибыль можно получить за счет его продажи или использования в техническом процессе.

Разработка идеи ведется с 2008 г. Эксперименты, проведенные с целью обоснования целесообразности реализации проекта, дали следующие результаты:

- основными влияющими факторами на параметры жизнедеятельности водоросли являются температура окружающей среды и свет;
- водоросль чутко реагирует на повышение количества растворенных загрязнителей в среде, возрастает ее активность и скорость увеличения массы;
- неоднократно визуально зафиксированы факты очистки конденсата котельной до прозрачного и бесцветного состояния жидкости;
- оценены зависимости активности жизнедеятельности растения от толщины слоя жидкости, от материала и радиуса кривизны тары и других;
- проведен химический анализ среды после очистки, в результате получена вода качества, приближенного к питьевому.

Полученные данные позволяют сейчас осуществить моделирование установки в области очистки промышленных газов. Однако, технология получения биогаза из выращенной массы хлореллы на данном этапе не сформирована. Кроме того, продолжаются работы по изучению количественного и качественного состава конденсата котельной до и после проведенной очистки. Эти данные позволят уточнить ожидаемую эффективность предложенной технологии.

Разработка проста и экономична, поэтому имеет высокий потенциал внедрения на предприятиях как средних, так и крупных, осуществляющих выбросы продуктов сгорания топлива и отводящие тепло промышленных установок в атмосферный воздух, например, котельные. Ожидается высокий эколого-экономический эффект.

В заключение хотелось бы отметить, что основная идея проекта состоит в использовании природных физико-биологических свойств водоросли хлорелла, которые можно применить для удаления загрязнителей отходящих газов и получения биотоплива.

Это является экономически выгодным, так как при малых капитальных вложениях снижается плата за загрязнение окружающей среды, появляется

возможность вторичного использования технической воды, а также использования отходов для получения дешевого топлива, что было теоретически рассчитано в представленном проекте. Согласно проведенным опытам технология является действенной, ее применение целесообразно.

Библиографический список

1. Асалханов К.В. Опыт выращивания и применения хлореллы в качестве подкормки для КРС. Улан-Удэ, 1980.
2. Муззафаров А.М., Таубаев Т.Т. Хлорелла (методы массового культивирования и применения). Ташкент: Фан, 1974. 11 с.
3. Муззафаров А.М., Таубаев Т.Т. Культивирование и применение микроводорослей. Ташкент: Фан, 1984.
4. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления». М., 2003.
5. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М., 1999.

НЕОБХОДИМОСТЬ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ТОРФА

*Мальцева А.В., Савина Е.С., Горбунов А.В., Гревцев Н.В.
Уральский государственный горный университет*

Торфяная отрасль располагает высоким инновационным потенциалом, в ней создан научно-практический задел для резкого повышения эффективности использования биоресурсов в топливно-энергетическом и агропромышленном комплексах, в природоохранных технологиях и для получения новых материалов многоцелевого назначения.

Торф традиционно относится к местным ресурсам, используемых для решения отдельных вопросов конкретного региона. По торфяным ресурсам Россия занимает ведущее место в мире. Концентрация крупных торфяных запасов в отдельных регионах позволяет создавать мощные производства торфяной продукции для различных направлений использования. Ежегодно в мире накапливается 117 млрд. т биомассы, тепловой энергетический эквивалент которой равен $1,75 \cdot 10^{21}$ Дж. Это в 8 раз больше энергии, которая вырабатывается на основе всего ископаемого топлива, добываемого на земле за год. Биологическая продуктивность торфяных болот тоже достаточно высока, ежегодно количество торфа увеличивается примерно на 3 млрд. м³, что в 130 раз больше, чем добывается. За годы промышленной разработки торфяных залежей использовано не более 10 % всех торфяных ресурсов.

Современная торфодобывающая промышленность основывается на трех основоположных технологиях разработки торфа: на технологии добычи торфа фрезерным способом и на технологиях добычи кускового торфа экскаваторным или фрезформовочным способами. Постоянные изменения и усовершенствования известных технологий, введение новых технологических операций, позволяют увеличить качественные показатели торфяного сырья, вывести торфяную продукцию на современный рынок в качестве энергетически и экологически востребованного топлива.

Все более актуально становится проблема торфяных пожаров, которая усугубляется тем, что такие пожары практически не поддаются тушению и представляют огромную опасность для населения, растительного и животного мира и экономики страны в целом.

В настоящее время имеются научные и практические предпосылки по созданию новых инновационных технологий добычи торфа. Ниже приведен краткий критический анализ четырех известных запатентованных технологий добычи торфа.

Первый способ добычи торфа: торф-сырец экскавируют из залежи, затем транспортируют его на поля сушки с формированием навала по ширине карты. После образованный навал послойно разрабатывают с помощью мостового оборудования с подъемно-опускной фермой, на которой установлено технологическое оборудование: ворошилка, волкователь, штабелер. Использование мостового оборудования, в данном случае, предохраняет навалы торфа от механических воздействий ходовых систем торфодобывающей техники и позволяет начать разработку навала уже в первый год без его предварительного осушения. Данный способ позволит обеспечить соблюдение заданной глубины обрабатываемого слоя и получение стабильного фракционного состава торфяной крошки, а выполнение технологических операций по разработке навала торфа за один проход по всей его ширине, позволяет снизить трудоемкость выполнения этих операций.

Второй способ добычи торфа, при котором торф извлекают из болота, а затем перемещают на специальные поля сушки. Сушка торфа на таких полях осуществляется за счет солнечной радиации и ветра. Особенностью таких полей является то, что поля сушки выполняют в виде специального выровненного поля из асфальта, по существу, непроницаемого для воды и приспособленного для сушки. Торф расстилают на этом поле в виде тонкого слоя толщиной 1...15 см из высококонсистентной массы с содержанием твердого вещества 8...30 %. При использовании данного способа достигаются следующие преимущества: максимально используется солнечная энергия, продлевается период добычи, так как не существует никаких проблем, связанных с вспучиванием на морозе или влажностью основания и холодом, благодаря нагреву асфальта работы можно начинать ранней весной и продолжать до поздней осени, сушка торфа – более эффективная, так как энергия для сушки поступает как от радиации сверху, так и от тепла снизу.

Третий известный способ добычи торфа состоит из следующих операций: предварительная подготовка залежи, извлечение торфа и транспортирование его. Подготовленную торфяную залежь делят на отдельные забои, срезают верхний горизонтальный породообразующий слой с первого забоя, сохраняя его. Извлечение торфа проводят селективной экскавацией с древесными включениями на глубину залегания. Транспортирование выполняется на стационарную технологическую площадку, где осуществляют сепарацию торфа от древесных включений и отдельно складировуют торф и древесные включения в навалы. В конце цикла добычи на дно выработанного первого забоя укладывают верхний горизонтальный породообразующий слой, снятый с второго забоя, который последовательно начинают разрабатывать, после чего операции добычи торфа повторяют. Доставку добытого торфа с древесными включениями осуществляют непрерывным или периодическим транспортом. Данный способ позволяет реализовать его на всех разрабатываемых торфяных залежах и не требует больших денежных затрат, а при реализации применяется стандартное оборудование.

Четвертый способ добычи торфа, заключается в следующем. Торф извлекают в виде пульпы, которую разделяют на крупнодисперсную и мелкодисперсную фракции. Первую фракцию подвергают обезвоживанию до влажности 50...60 %, вторую – до влажности 65...70%, затем торф направляется на переработку на модульный участок, где готовая продукция пакетируется, а некондиционная продукция подвергается пиролизному сжиганию с целью получения тепловой и электрической энергии.

Представленные выше технологии производства торфа являются по своему уникальными и имеют свои отличительные особенности по отношению к известным технологиям. Эти способы позволяют в сложных экономических условиях динамично изменяющегося рынка и постоянного роста цен на тепло и энергоносители варьировать выпуском и объемом конкурентоспособной торфяной продукции.

С учетом перспективы освоения торфяных ресурсов Северо-Запада, Урала и Сибири, расположенных в районах с неблагоприятными климатическими условиями, при которых невозможно использовать существующие технологии добычи торфа, вопрос создания новой экологически безопасной энерго-ресурсосберегающей технологии добычи торфа приобретает особую актуальность.

Применительно к производству торфяного топлива стратегическим направлением совершенствования технологии является переход от механической и механотермической переработки торфа к более глубокой переработке торфа – термохимической, с получением сортового бездымного экологически безопасного высококалорийного топлива. Сочетание энергетики с технологией позволяет значительно полнее использовать энергию химических превращений и экономить сырьевые и энергоресурсы, повысить качество продукции и увеличить производительность оборудования.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В США

Михолап М.А., Комкова М.Г., Толстова Ю.И.

УрФУ, e-mail: rudnik@mail.ustu.ru

Солнечная энергетика – направление нетрадиционной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемый источник энергии и является экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов. Использование солнечной энергии означает революцию в принципах строительства, отопления и обеспечения зданий горячей водой и позволяет уменьшить расходы на отопление в два раза, а на получение горячей воды – почти в 4 раза.

Однако процесс развития солнечной энергетики тормозится во всём мире по ряду причин. В их числе недостаточные объёмы необходимого оборудования и его высокая стоимость, а также инвестиционная и кредитная политика. В статье рассмотрен опыт производства солнечных батарей в США, который может быть полезен для российских производителей.

Администрация Президента Соединённых Штатов Америки направила бюджетные средства на развитие программ возобновляемых источников энергии, в том числе солнечной, чтобы установить американское лидерство в чистой энергетике. Была оказана поддержка более 40 проектам, предлагаемым различными компаниями. В числе этих компаний была «Solyndra» [1].

Начальной приманкой были умные технологии. Фирма, название которой перекликается со словом «цилиндр», предлагала продукт – не плоские панели, а сложные длинные и тонкие трубочки, покрытые материалом для поглощения солнечной энергии. Для изготовления других панелей применяли более тяжёлый, но более дорогой материал – поликристаллический кремний. Продукт «Solyndra» был легче и, возможно, проще и дешевле в установке.

Однако производство солнечных коллекторов компанией «Solyndra» столкнулось с рядом проблем.

1. Экономические проблемы

Был разработан новый, но дорогой способ производства, позволяющий избежать использования силикона (кремния), который был очень дорогой ещё несколько лет назад. Однако недавно цена на это сырьё упала в 5-6 раз, и вся эта идея оказалась ненужной. В то же время в Китае настроили производство солнечных батарей по старой технологии, и теперь они стоят в несколько раз дешевле.

2. Политическая сторона

Администрация президента Обамы выдала кредиты для поддержки программы возобновляемых источников энергии и создания новых рабочих мест, в том числе и этой компании. Используя эти кредиты, «Solyndra» ещё год продолжала работать в убыток.

В то время как субсидии в Европе разжигали спрос и цены на топливо, солнечная промышленность была готова сдаться. Но к 2009 году она пережива-

ет тяжелый болезненный рост, и «Solyndra» сильно пострадала. Цены на поликристаллический кремний резко снизились. Это сделало производство компании менее конкурентоспособным по сравнению с другими соперниками, использовавшими этот материал.

Расходы «Solyndra» оставались относительно высокими также из-за трудоёмкого процесса производства. В конце 2009 г. трубки «Solyndra» стоили \$4 за каждый Ватт вырабатываемой энергии. Проблема в том, что компания могла их продавать по \$3,24/Вт. Одна из причин убытков состояла в необходимости утилизировать дефектные и пробные панели.

Пока компания «Solyndra» теряла деньги, конкуренция становилась всё острее. В 2009 г. «Solyndra» потеряла \$172,5 миллиона при доходе \$100,5 миллионов. Китайские солнечные панели снижались в цене. Ожидалось, что «Solyndra» будет глобальным примером того, как объединенные частный и государственный капиталы могут привести инновационные компании к успеху в бизнесе. Вместо этого, \$535 миллионов госгарантии кредита, так любезно предоставленные производителю солнечных панелей, возможно и способствовали разорению. Так считают инвесторы, знакомые с делами компании. Говоря о прошлом фирмы, один из ее инвесторов сказал, что «худшее, что случилось с компанией, – это государственный заём».

Новый завод, построенный на средства Министерства энергетики США, навязал фирме постоянные издержки, которая и без того прорывалась сквозь экономические джунгли. Более того, парадоксально увеличивающийся долг затруднял материальное положение. Как только правительство потребовало приоритет возврата долга в случае провала компании на рынке, частные инвесторы стали менее охотно вкладывать свои средства в фирму.

В середине 2009 г. у «Solyndra» был выбор: она могла оставаться с существующим заводом и пытаться снизить расходы для удовлетворения конкуренции, опираясь на дополнительный частный капитал по мере необходимости. Или же, получив кредит от администрации президента, рискнуть и построить новый большой завод в попытке получить эффект масштаба и доминирование на рынке.

Основатель «Solyndra» и глава фирмы на тот момент Крис Гронет решил рискнуть. Компания привлекла 3000 рабочих, чтобы построить завод на деньги налогоплательщиков, но быстро осознали, что завод имеет слишком большую мощность. Старая фабрика одна может быть оборудована для ежегодного производства панелей выходной мощностью 110 МВт в год, а новая добавит еще 500 МВт. Но продажи 2010 года в общей сумме достигли еще только 65 МВт.

«Идея управления была такой, что если мы сделаем это, то люди будут покупать наш продукт» – сказал бывший директор. Но новый завод добавил высокие постоянные издержки, такие, как заработная плата, аренда и счета за коммунальные услуги. В то же время, запроектированные доходы не поступали, увеличивая ежемесячную утечку капитала.

Не помогла и смена руководства и попытки продавать продукцию через дистрибьюторов. «Solyndra» могла бы лучше подать преимущества своего продукта, такие как низкая стоимость установки, общаясь напрямую с клиентом.

Хотя частные инвесторы предоставили 75 миллионов долларов в кредит, «Solyndra» всё ещё нуждалась в деньгах. Правительство вело переговоры о реструктуризации долга компании, но, в конце концов, отказалось. Без видимого выбора компания объявила о банкротстве и уволила около 1100 рабочих, оставляя инвесторов сожалеть о том, что могло бы быть.

Американский соперник «Solyndra» фирма «First Solar Inc.» изготавливал панели за четверть расходов «Solyndra» и сейчас производит панели по отработанной технологии теллур–кадмиевых тонкоплёночных фотоэлементов по 75 центов за Ватт. Эти панели обладают сравнительно невысокой эффективностью. Только 10 % солнечного света преобразуется в электроэнергию, в то время как элементы на основе поликристаллического кремния имеют эффективность до 42 %. Самая серьёзная опасность для фирмы «First Solar Inc.» – изменение цены на сырьё. При росте спроса на теллур и кадмий эти редкие металлы могут значительно подорожать. Тогда фирма может утратить основное преимущество – низкую себестоимость производства.

Таким образом, первоначальный оптимизм вокруг солнечной энергетики несколько поубавился, столкнувшись с трудностями массового производства и продажи солнечных модулей.

Библиографический список

1. Thomas Catan, Debora Solomon. Probe of Solindra Centers on actions in obtaining U.S. loan guarantees. // The Wall Street Journal. 9 sept. 2011.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ОЗЕР ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

Муратов Е.В.

Южно-Уральский государственный университет

Evgeny.muratov90@gmail.com

Россия – это страна с продолжительными и суровыми зимами, теплоснабжение которой требует весьма больших затрат топлива. Основными недостатками традиционных источников теплоснабжения является низкая энергетическая, экономическая и экологическая эффективность.

В связи с этим, целью работы стало рассмотрение возможности использования низкотемпературной энергии для автономного теплоснабжения в условиях Челябинской области на основе теплового насоса.

В качестве источника низкопотенциальной энергии рассмотрены поверхностные воды, которые наиболее подготовлены для работы с тепловым насосом [1].

Тепловой баланс объекта теплоснабжения (жилой дом площадью 121 м²) для условий Южного Урала подсчитан для 95 %-обеспеченного года по температуре (-34 °С) и по среднемесячной температуре 50 %-обеспеченного года. Согласно расчету получили установленную мощность источника отопления: тепловой насос выбран в базисной нагрузке плюс пиковый электронагреватель, что

позволяет снизить мощность компрессора, что, в свою очередь, приводит к снижению стоимости теплонасосного оборудования.

Источником низкопотенциальной энергии для теплового насоса взяты озера Тургояк и Смолино, различные по термическому режиму. Для этих озер рассчитаны ежемесячные теплозапасы за 1991 год, близкие к норме по температуре воздуха. В результате расчета получен валовый потенциал тепловой энергии.

Наиболее эффективной системой отопления с тепловым насосом с температурой теплоносителя в пределах 45-50 °С, в отличие от традиционных схем отопления мы предлагаем рассредоточенные схемы: напольные системы отопления.

Цель последующих исследований – оценка технического потенциала и разработка технологии отбора тепла.

Библиографический список

1. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. М.: Энергоиздат, 1982. 224 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ г. МАГНИТОГОРСКА

Мухатова Р.Т., Сычева М.М, Картавцев С.В.

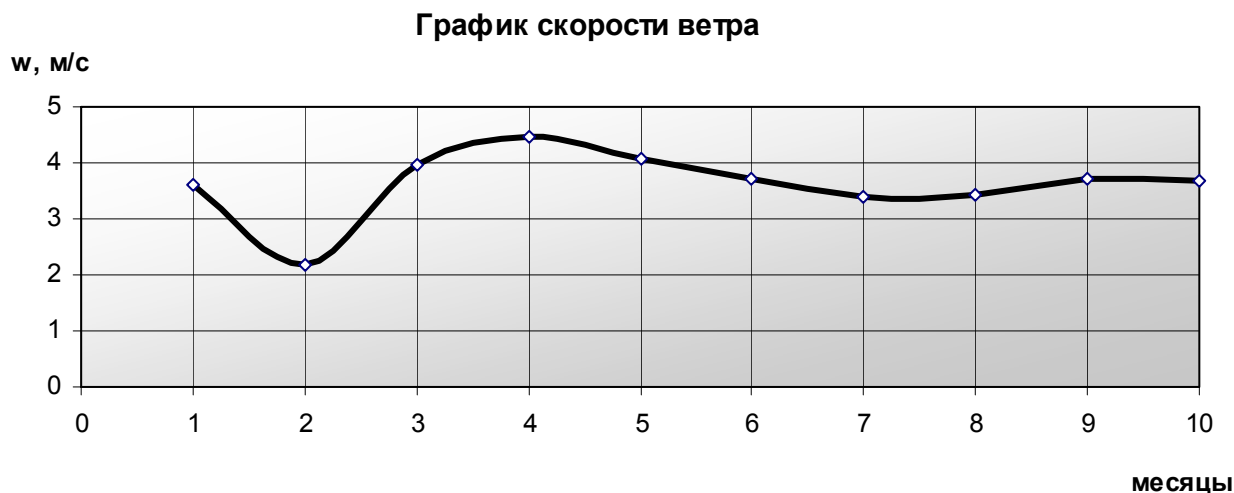
*Магнитогорский государственный технический университет имени Г И Носова
e-mail: reginochka.muhatova@mail.ru*

Одна из основных проблем, стоящих перед человечеством в 21 веке, это создание экономически эффективной и экологически безопасной системы энергосбережения жизнедеятельности человека. Важнейшим средством решения этой проблемы является постоянная замена устаревших, экологически опасных энергетических технологий на альтернативные источники энергии: ветровую, геотермальную, солнечную, приливную и т.д.

Проведен анализ возможности использования альтернативных источников энергии в городе Магнитогорске.

Ветер

Для оценки возможности использования ветровой энергии необходимо рассчитать среднегодовой объем производства энергии ветродвигателем данного типа, а для этого, в свою очередь, требуется знать скорость и направление ветра на определенных высотах. По данным погоды, за последний год [2] был построен график скорости ветра (график) и определена средняя скорость – 4,5 м/с. При такой скорости подходит установка АВЭУ-6-4М [2], которая вырабатывает $W=30$ кВт·ч/день, в год получится $W=30 \cdot 365=10,95$ МВт·ч. Таким образом, чтобы получить достаточное количество энергии, нужно установить большое количество таких установок, которые стоят очень дорого. Поэтому перспектива строительства ветроэнергетического комплекса возможна в будущем, когда произойдет удешевление ветроустановок.



Солнце

Ещё одним мощным источником энергии является солнечная радиация, которая различается в зависимости от положения поверхности [1].

На горизонтальной поверхности можно снять $W=2,8 \cdot 365=1022$ кВт·ч/м²,

на вертикальной поверхности – $W=2,5 \cdot 365=912,5$ кВт·ч/м²,

на наклонной поверхности – $W=3 \cdot 365=1095$ кВт·ч/м².

Расчеты показали, что больше всего солнечной энергии можно получить с наклонной поверхности, например с двухскатной крыши. Площадь Магнитогорска составляет 385 км², а площадь таких крыш составляет около 1 %, т.е. $S=385 \cdot 0,01=3,85$ или $S=3850000$ м². Тогда энергия, которую можно получить, составит следующую величину: $W=1095 \cdot 3850000=4215,75$ МВт·ч. Таким образом, мы имеем большой потенциал энергии, которую можно использовать круглогодично.

Биотопливо

В сельскохозяйственных районах, имеющих развитое животноводство, перерабатывающие предприятия, имеются источники значительного количества биомассы, пригодной для получения в местах потребления дешевого, экологически чистого топлива. Агаповский район является сельскохозяйственным, граничит с Магнитогорском, расположен в степной, частично – в лесостепной зоне. Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 220,7 тыс. га, под масличными культурами (рапс, кукуруза) – 42000 га. По данным Р. Вильямса из университета г. Принстон [2], возможные размеры получения энергии с одного гектара составляют – 50 ГДж/га = 13889 кВт·ч/га (для рапса). Предположим, около 50 % посевных площадей (под масличными культурами) использовать только для посева рапса, то можно получить высокий потенциал энергии: $W=21000 \cdot 13889=291669$ МВт·ч. Следует также учесть, что в районе имеются неиспользуемые территории. Можно эти пустующие поля засадить рапсом. Таким образом, при полном рациональном использовании площадей сельскохозяйственных угодий можно получить значительное количество энергии, которое в дальнейшем использовать для выработки электрической энергии, тепла, производства биогаза.

По данным расчетов составим сводную таблицу:

Возобновляемые источники энергии	Энергия, МВт·ч	%
Ветер	10,95	0,002
Солнце	4215,75	0,7
Биомасса	291669	98,7
Итого	295895,7	100

Библиографический список

1. Атлас ресурсов солнечной энергии. М.: ОИВТ РАН, 2010. С. 54.
2. Интернет ресурсы: *meteocenter.net*, *www.laborant.ru*, *http://bio-x.ru*.

БЕСПЛОТИННАЯ ШНЕКОВАЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Попова Д.В., Попов А.И., Щеклеин С.Е.

УрФУ, e-mail: *aes@mail.ustu.ru*

Развитие существующих микро-мини ГЭС (МГЭС) происходит по двум вариантам: плотинному и бесплотинному. Для отдалённых небольших объектов строительство плотин в ряде случаев нецелесообразно, так как затраты на сооружение плотины составляют до 70-80 % от стоимости всего энергоузла, мощности которого полностью могут быть не востребованы.

К бесплотинным МГЭС относятся конструкции, работающие на быстротоке, как правило, на горных реках со скоростью течения более 2 м/с, так как строительство деривационных каналов и других сооружений для повышения скорости потока на реках со спокойным течением тоже затратны.

Однако большинство равнинных рек имеют скорость потока воды 0,5...1,5 м/с. Использование на них бесплотинных МГЭС для данных скоростей течения имеет много ограничений: требуется значительная глубина, необходимость запруд для создания подпора воды, зауживание створа потока для создания быстроготока и т. д. [1-8].

В этой связи представляет интерес конструкция, разработанная сотрудниками кафедры «Атомная энергетика» УрФУ: «Бесплотинная шнековая гидроэлектростанция», принцип работы которой представлен на рис. 1-3 [9].

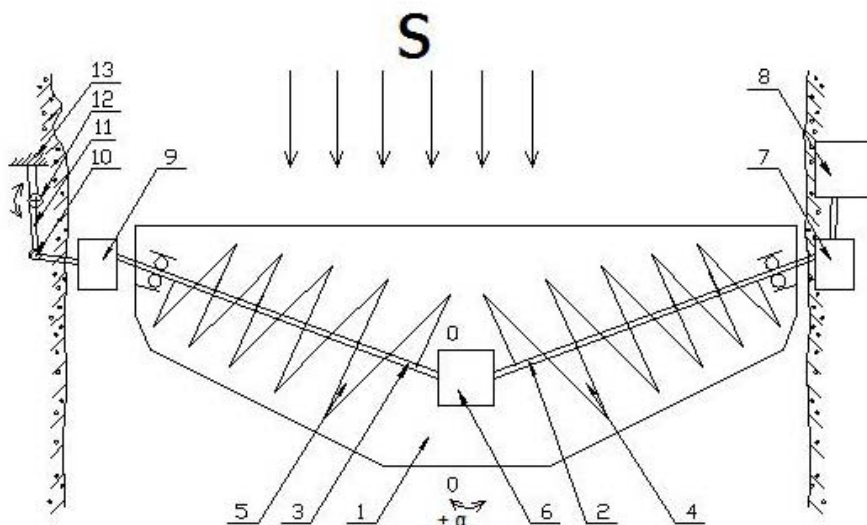


Рис. 1.
Шнековая МГЭС работает следующим образом.

Поток воды 9 поступает с равным давлением на лопасти 4 и 5 симметрично установленных с помощью основания 1 шнеков, при этом валы 2 и 3 начинают вращаться.

Согласованное по направлению вращение валов определяется либо типом углового редуктора (на двух или трёх шестернях для изменения вращения на противоположное), либо применением шнеков с разными (противоположными: левой и правой) винтовыми поверхностями. Вместо редуктора может быть использован отрезок стального троса, установленный в шариковых подшипниковых опорах (рис. 2).

Суммарный момент вращения валов **2** и **3** передаётся от верхнего конца вала **2** через карданную передачу **7** на генератор **8**, при этом верхний конец вала **3** зафиксирован в свободном вращении посредством упорного подшипника **10**.

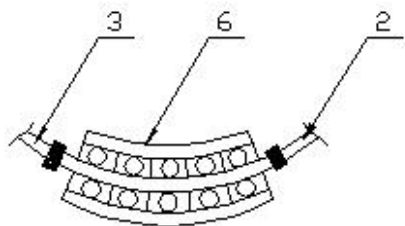


Рис. 2

При симметричном расположении основания **1** относительно оси «0-0» потока «S» шнеки равномерно воспринимают энергию потока воды. Если изменилась скорость водного потока, например, вследствие больших осадков, с помощью натяжного устройства **12** производится смещение основания **1** на угол $\pm\alpha$ относительно оси «0-0» и скорость вращения шнеков также изменяется.

Предложенное v-образное расположение шнеков создаёт подпор водного потока, который по высоте увеличивается и концентрируется у нижних по направлению его движения концов валов **2** и **3** шнеков. В связи с этим диаметры винтовых поверхностей лопастей **4** и **5** увеличиваются по направлению к нижним концам валов. Диаметры и величина их конусности будут определяться скоростью водного потока, а также степенью его торможения одно- или многозаходными шнеками.

Шнеки достаточно большой протяжённостью изготовить сложно, поэтому на широких течениях может быть использовано их зигзагообразное расположение (рис. 3).

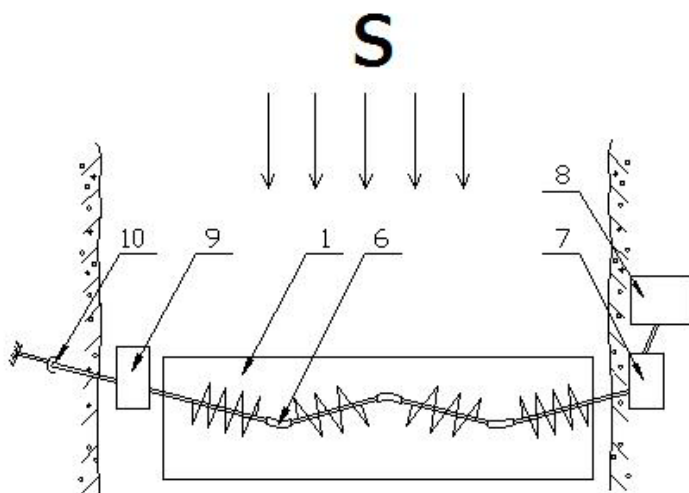


Рис. 3

Существенное отличие предлагаемого решения от известных заключается в увеличении коэффициента использования энергии потока при одновременном упрощении всей конструкции гидроэлектростанции. Использование по предлагаемой схеме шнеков позволяет искусственно создавать подпор

водного потока эквивалентно плотинным схемам, что даёт возможность применять устройство для рек с малой скоростью течения.

Подобные бесплотинные МГЭС на мощности более 1 кВт целесообразно поставлять потребителю в полной заводской готовности. Установки от нескольких Вт до единиц кВт можно изготавливать любителям самостоятельно в мобильном упрощённом варианте. Например, лопасти **4** и **5** шнека могут быть съёмными и компактно упакованными для перевозки, в качестве валов **2** и **3** использовать по месту нахождения ровное подготовленное бревно и т. д. Потребителями электроэнергии с такого рода мобильных МГЭС могут быть туристы, геологические партии, сезонные бригады и т. д.

Библиографический список

1. Свободнопоточная гидросиловая установка: а. с. 153883 Рос. Федерация / Блинов Б.С.
2. Свободнопоточная гидросиловая установка: а. с. 175906 Рос. Федерация / Блинов Б.С.
3. Роторная турбина ГЭС: свидетельство на полезную модель 57385 Рос. Федерация / Попов А.И.
4. Роторная линия гирляндной ГЭС: а. с. 1778355 Рос. Федерация / Новиков Ю.М.
5. Донная электростанция: пат. 2163691 Рос. Федерация / Гинкулов Г.А.
6. Бесплотинная всесезонная гидроэлектростанция: пат. 2227227 Рос. Федерация / Озеров Г.И.
7. Ветродвижитель: а. с. 1225912 Рос. Федерация / Смутьский И.И.
8. Бесплотинная шнековая гидроэлектростанция: пат. 94642 Рос. Федерация.
9. Описание шнековой ГЭС «Future Energy Yorkshire» [Электронный ресурс]: URL: www.fey.org.uk.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Рахматулин И.Р.

*Южно-Уральский государственный университет
ildar.o2010@yandex.r*

Введение

Россия страна с огромными запасами возобновляемых источников энергии, и так же как запасы полезных ископаемых, они распределены на территории, далеко не равномерно. С одной стороны, это может показаться недостатком. Но не стоит забывать, что возобновляемыми источниками энергии могут выступать не только водные ресурсы, но и энергия ветра, солнца и геотермальных источников. И нет такого региона, который природа бы обделила всеми видами этой энергии. Разнообразие возможных решений дает пищу ученым в разработке различных методов. И просторы нашей Родины, как ни одна другая страна, дает возможность для применения этих методов. Рассматривать возобновляемые источники можно не только для прямой выработки электроэнергии, но и также как один из главных элементов рабочей системы, придающей ей экономическое оправдание. Одними из таких систем являются установки для очистки воды.

Далее для полного понимания проблемы приведем сложившуюся ситуацию с запасами пресной воды и покажем, как возобновляемые источники энергии могут помочь в данной ситуации.

1. Вода

Вода – является ключевым фактором в развитии и поддержании жизни на нашей планете. Вся история человечества, начиная с древней цивилизации и продолжая нашими днями, непосредственно связана с этим казалось бы простейшим химическим веществом. И если на заре человеческой цивилизации вода использовалась, в основном, в сельском хозяйстве, то сейчас спектр и объем ее применения настолько вырос, что впору бы задуматься – а так ли неисчерпаемы запасы этого природного ресурса? Попробуйте хотя бы один день прожить без воды, и если для вас это означает отказаться от приема пищи, личной гигиены, уборки в квартире, то в более глобальных масштабах это будет означать прекращение подачи теплоносителей, остановка заводов, тепловых и гидроэлектростанций, катастрофу объектов сельского хозяйства. И будем ли мы готовы к решению проблемы дефицита пресной воды, зависит от того, насколько серьезно отнесемся к этой проблеме сегодня.

2. Причины роста потребления воды

В последние годы резкий скачок потребления воды сделал более реальным угрозу ее дефицита в будущем. Основная причина резкого увеличения потребления воды, как и прочих природных ресурсов, это рост численности населения, рост потребностей человечества и технический прогресс.

Стоит отметить, что с 1960 года население планеты увеличилось вдвое и продолжает увеличиваться на 250 тыс. человек ежегодно. С увеличением количества потребителей наращиваются мощности химической, металлургической, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности.

Надеяться на то, что ситуация отрегулируется сама собой, не приходится, так как помимо того, что увеличивается потребность воды, еще идет и тенденция к уменьшению имеющихся запасов пресной воды. Реки всегда были источниками пресной воды, однако, сегодня они все чаще используются для транспортировки мусора, как со стороны населения, так и со стороны промышленных заводов.

3. Дефицит пресной воды в России

На сегодняшний день России не грозит дефицит пресной воды. Но уже имеется ее дефицит в некоторых областях, таких, как Курганская и Курская области и большая часть Северного Кавказа. В результате получаем, что, несмотря на общую благоприятную обстановку, в плане запасов пресной воды, России не удастся избежать проблемы с равномерным распределением этой воды по регионам.

Многие могут задаться вопросом, а как же озеро Байкал, где содержится 20 % мировых запасов пресной воды? С одной стороны, может показаться, что запасы пресной воды в озере Байкал могут обеспечить пресной водой всю территорию России. И вследствие этого, мы не нуждаемся в изучении и внедрении установок по очистке воды. Но это обманчивое впечатление. Во-первых, если понизить уровень содержания воды в озере Байкал, это может негативно сказаться на качестве воды всего озера, что приведет к экологической катастрофе. Во-вторых, строительство трубопроводов и последующее их обслуживание выльется в крупное финансирование, так как проблема с запасами пресной во-

ды, особенно, остро стоит в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском, Уральском районах, и трубопровод придется вести через всю страну.

Зато в каждом регионе имеются достаточные запасы воды, не пригодные для использования без предварительной очистки. И решить проблему регионов с дефицитом пресной воды можно путем очистки этих вод. Это будет экономически оправдано, если применить такой метод очистки, который сможет очищать водные растворы по более низкой стоимости, чем ее транспортировка с ближайших регионов.

4. Использование возобновляемых источников электроэнергии

Одним из таких методов может стать метод очистки воды, при котором практически отсутствуют эксплуатационные затраты. Примером такого метода может служить метод обратного осмоса.

Но стоит учесть, что система очистки воды устанавливается с учетом местности (наличие раствора, требующего очистки, доставка пресной воды и последующее распределение до потребителя), а не с учетом наличия возможности подключения к линиям электропередач. И, значит, требуются затраты на возведение линий и последующего подключения к общей системе электроэнергии. Автономности можно достичь путем подключения к собственной установке выработки электроэнергии. Традиционные методы производства электроэнергии имеют все тот же нюанс, от которого мы хотим избавиться систему, они не автономны, требуется постройка трубопровода для подачи газа, либо обеспечить доставку угля или другого вида топлива. Выходом является использование возобновляемых источников электроэнергии. При выборе автономного метода очистки воды и использование электроэнергии на возобновляемых источниках, получаем полностью автономную систему по очистке воды.

Вывод

Да, в нашей стране есть регионы с дефицитом пресной воды, но в этих же регионах имеются запасы не пригодных для прямого использования вод, и, главное, имеются возобновляемые источники энергии. И если не хватает солнечной энергии в регионе, можно использовать энергию ветра, не хватает ветра, использовать энергию земли. В итоге, комбинируя различные методы очистки воды, в совокупности с возобновляемыми источниками энергии, можем получить решение проблемы с дефицитом пресной воды.

Подобные комплексы уже используются в ряде стран. К примеру, Саудовская Аравия использует мембранный метод очистки воды, на солнечных источниках электроэнергии.

ПОЛУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПИКОВОЙ МОЩНОСТИ НА АЭС С ВВЭР–1000 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДА

Рябухов А.Ю., Лоцилов Н.А.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

E-mail: agi@aes.ispu.ru

Задача покрытия пиковых электрических нагрузок в настоящее время становится все более актуальной, учитывая наметившийся в последние годы

подъем промышленного производства в России. В настоящее время покрытие пиков электрической нагрузки осуществляется путем использования гидроэлектростанций, а также могут использоваться специализированные пиковые газотурбинные установки и гидроаккумулирующие электростанции.

Альтернативным решением этой задачи является получение пиковой мощности с использованием водородных комплексов на АЭС.

Существующие способы производства водорода базируются на использовании в качестве исходного сырья воды (электролиз, фотолиз и радиолиз), угля и природного газа (паровая и парокислородная конверсии), сероводорода (химическое и плазмохимическое разложение) и некоторых других веществ [1].

Выработка пиковой электроэнергии на АЭС за счет водородного топлива может эффективно осуществляться при использовании водородного перегрева свежего пара и промежуточного перегрева. Для этого высокотемпературный пар, полученный в результате сжигания водорода в кислородной или непосредственно паровой среде, направляется в паропаровой теплообменник, в котором происходит перегрев свежего пара или пара после ЦВД турбины до требуемой температуры, либо смешивается со свежим паром из парогенераторов. Такой способ получения пиковой мощности имеет определенные преимущества, так как при этом расход пара через ЦНД турбины увеличивается незначительно и не происходит значительной перегрузки ее лопаточного аппарата. Тем не менее, применение паро-водородного перегрева в турбоустановках возможно только в пределах их перегрузочной способности. Водородный энергетический комплекс включает в себя электролизные установки, выпрямители для преобразования переменного электрического тока в постоянный (в составе электролизной установки), компрессорные агрегаты для компримирования газов до и после емкостей хранения, емкости хранения газов, узел водородного перегрева свежего пара паро-производящей установки АЭС [2].

Было принято наземное хранение водорода и кислорода в сжатом виде в специальных емкостях. Рассматривались емкости объемом 800 м^3 , выполненных из стали 09Г2С, при температурах $t = 7 \dots 27 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расчёты тепловой схемы турбоустановки К-1200-68 показали, что при суммарном расходе водорода и кислорода 9 кг/с и мощности водородно-кислородного парогенератора 203 МВт температура свежего пара повышается до $306 \text{ }^\circ\text{C}$, а пиковая мощность ПТУ составляет 97 МВт . При водородном промежуточном перегреве она достигает 58 МВт . Однако температура перегрева в этом случае достигает $353 \text{ }^\circ\text{C}$, поэтому данный режим требует проверки лопаточного аппарата турбины на прочность и жаростойкость.

В работе проведено технико-экономическое сравнение рассматриваемых вариантов со специализированной пиковой ГТУ, работающей на природном газе. Принималась для сопоставления ГТУ нового поколения с кпд 35% . Капитальные затраты принимались по проектным данным. Результаты приведены в таблице.

Цена за килограмм условного топлива, руб./кг	Приведённые затраты ВЭК, руб./кВт·ч	Приведённые затраты ГТУ, руб./кВт·ч
1	2,73	3,95
2	4	4,3
3	5,27	4,65
4	6,55	5

Из расчетов видно, что удельные приведенные затраты на производство пиковой электроэнергии при использовании водородного энергетического комплекса для промежуточного перегрева ниже, чем при использовании пиковой ГТУ. Но производство пиковой электроэнергии с помощью ВЭК может быть выгодным при перегреве свежего пара, если цена топлива не превышает 2,4 руб./кг у.т.

Библиографический список

1. Пономарёв-Степной Н.Н. Атомно-водородная энергетика / Н.Н. Пономарёв-Степной, А.Я. Столяревский. М.: Энергоатомиздат, 2004.
2. Аминов Р. З. Оценка эффективности водородных циклов на базе внепиковой электроэнергии АЭС / Р. З. Аминов, А. Н. Байрамов, О. В. Шацкова // Теплоэнергетика. 2009. № 11. С. 41–45.

ВЭУ ДЛЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

*Савельев В.Н., Попов А.И.
УрФУ*

Большинство равнинных территорий Российской Федерации имеют среднегодовую скорость ветра в пределах 3...5 м/с. Номинальную заявленную производителями мощность ветроустановки должны обеспечивать при скорости ветра 8...10 м/с.

Количество дней в году, когда такой ветер в наличии, невелико, поэтому и суммарная полезная мощность, вырабатываемая ВЭУ, незначительна.

Понизить частично требования к скорости ветра можно путем создания многолопастных пропеллерных колёс, при этом резко увеличивается их стоимость, снижаются обороты при вращении, что также накладывает дополнительные требования к увеличению передаточного числа и стоимости мультипликатора.

В последние годы стали активно разрабатываться новые конструкции роторных ВЭУ с вертикальной осью вращения. Для них не требуется время на переориентацию на новое изменившееся направление ветра. Кроме того, они могут использовать и слабые порывистые движения воздуха.

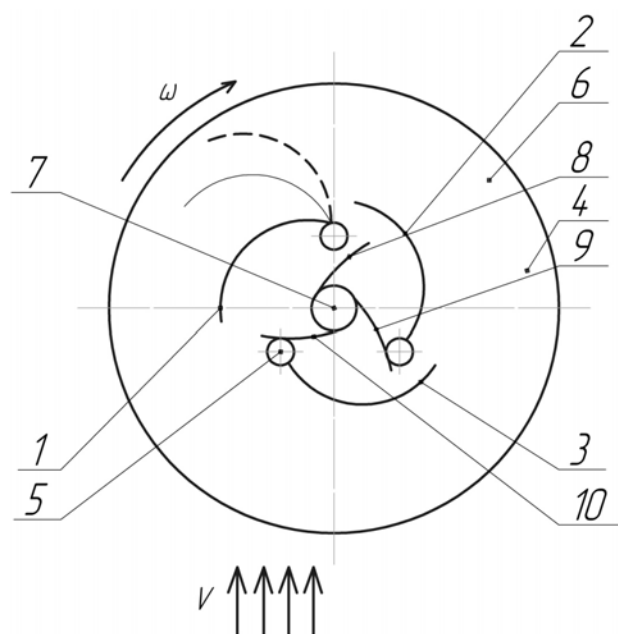
Известны конструкции аналогичного назначения, преобразующие энергию потока воздуха или воды во вращательное движение, в том числе ротора Савониуса, Кажинского, Угринского и других [1-5].

Такие конструкции имеют низкий коэффициент использования энергии ветра и ограниченный диапазон регулирования их скоростей. В такого рода системах лопасти, как правило, жёстко зафиксированы относительно крепящих

их дисков, а регулирование скорости осуществляется ручным открыванием-закрыванием створок или шторками, закрывающими часть поверхности ротора и управляемые от отдельного привода.

Особенность конструкции типа Савониуса в том, что часть основного воздушного потока, прошедшего через лопасть, идущей по ветру, поступает после оси вращения на другую лопасть, суммируя вращающий момент составным потоком.

Сотрудниками кафедры предложено усовершенствование данного технического решения [6], за счет введения дополнительного внутреннего ротора с противоположной круткой лопастей (рисунок) и поворотом подпружиненных лопастей на своих осях.



Роторный ветродвигатель

Роторный ветродвигатель работает следующим образом. В типовом роторе Савониуса профили лопастей выполнены в виде полуокружностей, смещенных по оси абсцисс относительно центра вращения, точка "О". Оптимальное смещение внутренних концов лопастей рекомендуется в пределах 0,4...0,6 от радиуса полуокружностей, после чего лопасти жестко фиксируются между дисками.

В предлагаемом же устройстве лопасти могут одновременно поворачиваться на осях 5, установленных на внутреннем (ближе к центру) конце лопастей.

На рисунке показано возможное пространственное положение только для лопасти 1. Если лопасти 1, 2, 3 выполнить подпружиненными, то при увеличении силы ветра оптимальная геометрия будет нарушаться, и обороты ветродвигателя уменьшаются. Подбирая упругость пружин, предоставляется возможность регулировать число оборотов. Работа внутреннего ротора, состоящего из лопастей 8, 9, 10, происходит следующим образом. Лопасти подпружинены и слегка поджаты к осям 5. Поток воздуха или воды "V" отражается от лопасти 1, приводя ротор во вращение, и большая его часть откидывает лопасть 8, которая перенаправляет поток дальше от центральной оси на конец лопасти 2. Это значительно усиливает момент силы и увеличивает коэффициент использования потока.

Макет данного устройства при сравнительных испытаниях с аналогичной конструкцией по Савониусу показал улучшение коэффициента использования энергии ветра более чем на 18...20 %, а момент стартового вращающего составил 1,2...1,5 м/с, против 3,0...3,2 м/с в модели по Савониусу.

Другим направлением развития роторных ВЭУ может быть размещение их на определенной высоте, в том числе создание гирляндных конструкций [7].

Гирлянда состоит из нескольких роторов меньшего диаметра, размещенных, например, на гибком тросе. В этом случае необходимая расчетная площадь ометания как бы растягивается по высоте, что снижает прочностные требования, как к отдельной лопасти, так и в целом к конструкции.

Преимущество данной конструкции также в том, что генератор располагается внизу, не требуется токосъем, а крепление в верхней части гирлянды производится через опорный подшипник, причем её мощность определяется наращиванием необходимого количества роторов.

Гирлянды могут размещаться на вышках радио и телесвязи, на опорах ЛЭП и мостов, на карнизах высотных зданий и т.д.

Известно, что с ростом высоты скорость ветра резко возрастает, и на больших высотах она стабильна, поэтому гирляндные ВЭУ могут быть использованы совместно с воздушными шарами или аэростатами.

Роторные конструкции ВЭУ занимают значительно меньшие площади при их размещении по сравнению с ВЭУ, имеющими ветроколеса с горизонтальной осью вращения. В этой связи перспективно использование для роторных ВЭУ различных дополнительных ветронаправляющих неподвижных экранов. Такие экраны могут иметь значительные отражающие поверхности, так как они закреплены в группе отдельно от конструкции ВЭУ. Собирая энергию ветрового потока с разных направлений и направляя её на ротор, экраны создают как бы эффект дополнительного увеличения площади ометания ВЭУ для слабых низкопотенциальных ветровых потоков.

Наибольший интерес в этой связи представляет идея автоматически управляемых ветронаправляющих экранов: заявка на изобретение подобной конструкции в настоящее время рассматривается.

Библиографический список

1. Кажинский Б.В. Свободнопоточные гидроэлектростанции малой мощности / Под. ред. Берга. М.: Энергия, 1950. Вып. 57. С. 31.
2. Кажинский Б.В. Свободнопоточные гидроэлектростанции малой мощности / Под. ред. Берга. М.: Энергия, 1950. Вып. 57. С. 33.
3. Роторный ветродвигатель: пат. 2118703 Рос. Федерация: МКИ F03D 3/0.
4. Ротор ветродвигателя: а. с. 1612109 СССР: F03D7/06.
5. Ветродвигатель: а. с. 1553758 СССР: F03D7/06.
6. Роторный ветродвигатель: свидетельство на полезную модель 31151 Рос. Федерация: F03D1/02.
7. Савельев В.Н., Попов А.И. О перспективах гирляндной ветроэнергетики // Энергетика 21 века. Техника. Экономика. Подготовка кадров: сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрФУ, 2011. Ч. 2. С. 68-71.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ

*Савина Е.С., Мальцева А.В., Горбунов А.В., Гревцев Н.В.
Уральский государственный горный университет*

Торф является традиционным сырьём для получения топлива в энергетике и ЖКХ. На территории Свердловской области располагаются существенные запасы торфа (более 3 млрд. т у.т.), что позволяет говорить о перспективе его использования при решении проблем местной энергетики.

Системообразующая сеть и развитый сетевой комплекс энергетической системы Свердловской области обеспечивают устойчивые связи и надежное электроснабжение потребителей.

Наибольшее влияние на уровень электропотребления в Свердловской области оказывает промышленное производство, что обуславливается его значительной долей в структуре электропотребления (52,7 %).

К основным потребителям тепловой энергии относятся промышленность и население в виде отопительно-вентиляционной нагрузки, нагрузки горячего водоснабжения и технологической нагрузки промпредприятий.

Собственное производство электроэнергии в энергосистеме в 2009 г. составило 49106,6 млн. кВт·ч (93,9 % от уровня 2008 г.), что связано с последствиями экономического кризиса.

В настоящее время более 96 % электроэнергии Свердловской области вырабатывается на топливе, импортируемом из Тюменской и других удаленных областей.

В 2008 г. Постановлением Правительства Свердловской области от 27.08.2008 № 873-ПП были одобрены основные положения Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года. Данный проект предполагает рациональное и эффективное использование природных топливно-энергетических ресурсов (торфа), создание надежной энергетической базы для устойчивого экономического роста, направленной на обеспечение энергетической независимости и энергетической безопасности области.

Перевод части местной энергетики на сжигание торфа позволит избежать или смягчить реально грядущий кризис систем отопления и электроснабжения малых муниципальных образований из-за опасности резкого усиления дефицита средств, прежде всего для покупки на рынке природного газа или дальнепривозных углей.

Кроме того, торфяное топливо при сжигании является более экологичным, чем традиционные уголь и мазут, имеет низкую зольность.

Использование местных ресурсов, таких как торф, в электроэнергетике уже нашло применение в ближнем зарубежье.

В рамках государственной программы «Торф» на 2008–2010 гг. и на период до 2020 г. в Белоруссии, в составе государственного производственного объединения по топливу и газификации «Белтопгаз» действуют 34 предприятия

торфяной промышленности. Основные направления программы: увеличение использования торфяных ресурсов; развитие торфодобывающих и перерабатывающих производств для нужд энергетики; строительство ТЭЦ, работающих на торфяном топливе.

Прогнозная стоимость программы 2238,2 млрд рублей всего, в том числе: 1165,7 млрд руб. – торфопредприятия, 1072,5 млрд руб. – организации Министерства сельского хозяйства и продовольствия. Ожидаемые результаты программы: обеспечение торфопредприятиями потребности в энергоресурсах за счет увеличения добычи торфа к 2015 – до 1,4 млн т у.т., к 2020 году – до 1,5 млн т у.т.; вовлечение в топливный баланс страны в 2015–2020 гг. торфяного топлива в объеме 14,38 млн т у.т., что эквивалентно замене природного газа в объеме 12,6 млрд куб. метров на сумму 4,5 трлн руб.

Показатели качества некоторых видов топлива

Вид топлива	Низшая теплота сгорания		Эквивалент к условному топливу	Зола на рабочую массу, %	Сера на рабочую массу, %
	ккал/кг	МДж/кг			
Условное топливо	7000	29,33	1,0	-	-
Каменный уголь (Инта)	3895	16,32	0,56	38,0	2,8
Каменный уголь (ш. Варгашовская)	5496	23,03	0,78	19,2	1,8
Мазут М-100	9522	39,9	1,36	0,14	3,5
Торфяной брикет и пеллеты	4200	17,30	0,59	4,0-15,0	0,2-0,3
Торф фрезерный, $\omega = 40\%$	2200-2592	9,22-10,86	0,31-0,37	2,04-4,10	0,15-0,27
Торф кусковой, $\omega = 33\%$	2952-4490	12,37-18,81	0,42-0,64	1,46-2,54	0,17-0,23
Дрова, $\omega = 25-30\%$	2440	10,22	0,34	0,60	0,01-0,03

Переход на местные виды топлива, такие как торф, осуществляется и в других областях России.

Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года предусматривает:

- создание новых организационных и экономических механизмов стимулирования освоения местных торфяных ресурсов;
- разработку принципиально новых ресурсо- и энергосберегающих технологий добычи и переработки торфа;
- поиск новых сегментов рынка торфа и продуктов его переработки.

К новым организационным и экономическим механизмам стимулирования освоения местных торфяных ресурсов можно отнести Уральский торфяной кластер. Это конкурентоспособная межрегиональная и межотраслевая группа, включающая в себя разнородные предприятия торфяной промышленности, объединенные технологическими процессами в рамках единой экономической

стратегии и использующие синергетический эффект путем интеграции имеющихся материальных и нематериальных активов.

Поддержка и развитие Уральского торфяного кластера должна осуществляться силами государства, напрямую заинтересованного в торфяном кластере, в рамках государственно-частного партнерства. Государственное стимулирование заключается в устранении барьеров; содействии экспорту за пределы региона; развитии связей с наукой; развитии инфраструктуры кластера; стандартизации; стимулировании инвестиций; антимонопольной политике; налоговых льготах; страховании рисков и др.

ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО

*Салимгареев Д.Д., Белоусов Д.А., Мартынов Е.В., Пирумян Н.М.
УрФУ, sarapulovfn.yandex.ru*

При прогнозировании энергетики будущего все большее внимание обращается на такой источник энергии, как водородное топливо [1, 2]. Водород содержится практически во всех соединениях, но больше всего его в воде. Как сказал писатель-фантаст Жюль Верн: «Вода – это уголь будущих веков». Это высказывание можно отнести к разряду предсказаний. Этого «угля» на поверхности больше чем чего либо еще, так что водородом мы будем обеспечены на долгие годы. Идея получения из водорода энергии была высказана еще в конце прошлого века. Однако применение водорода долгое время не развивалось, несмотря на ряд преимуществ.

Такое природное явление как смерч, известно людям с незапамятных времён. Мощь этих явлений неоднократно демонстрировалась их разрушительной силой. Причина возникновения такой колоссальной мощности объясняется способностью смерча создавать самосжимающийся вихрь с огромной скоростью вращения.

Это свойство было использовано для создания высокоинтенсивного поля искусственной гравитации в новом электроводородном генераторе (ЭВГ), предназначенном для получения дешевого водородного топлива методом гравитационного электролиза. Он приводится в действие механическим приводом и работает при обычной температуре в режиме теплового насоса, поглощая через свой теплообменник необходимое при этом тепло из окружающей среды или утилизируя теплотери промышленных или транспортных энергоустановок. В процессе разложения воды подведенная к приводу ЭВГ избыточная механическая энергия может быть на 80 % преобразована в электроэнергию, которая затем используется любым потребителем на нужды полезной внешней нагрузки. Один кубический метр условного рабочего объема генератора, работающего в оптимальном режиме с КПД 86-98 %, способен за секунду произвести 3,5 м³ водорода и одновременно около 2,2 МДж постоянного электрического тока.

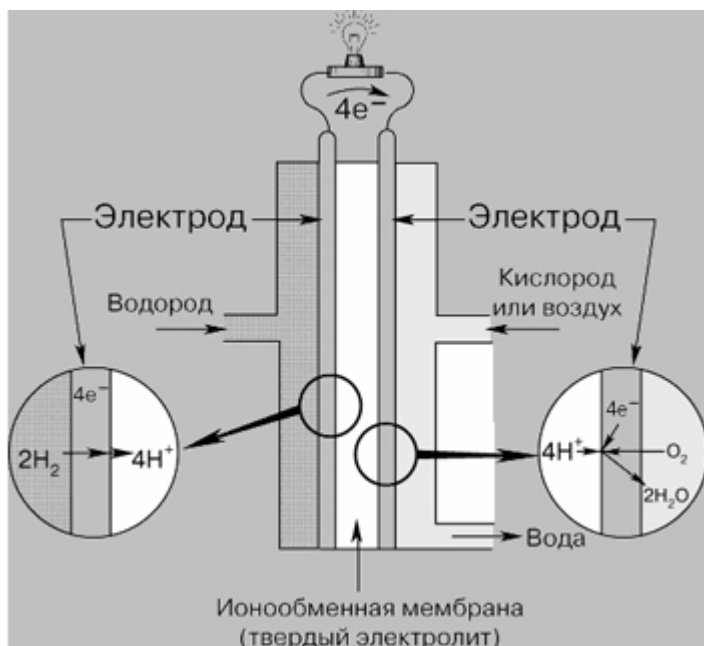
Физическая сущность рабочего процесса ЭВГ изложена в работе Р. Колли (1873), который открыл новый источник ЭДС [3]. Было показано, что если электроды в электролизере расположить не вертикально, на одной и той же высоте, когда ионы движутся горизонтально, а разнести их по высоте, то за счет разности масс положительного и отрицательного иона, движущихся теперь вверх и вниз в гравитационном поле Земли, возникнет ЭДС. Искусственное гравитационное поле, возникающее при вращении, дает эффект логического развития физических опытов Толмена и Стьюарта.

Конечно, процессы, идущие в ЭВГ, могут быть еще более сложны, чем в классической схеме электролиза. Представляется важным два факта. Во-первых, при вращении электролит постоянно трется об электроды, «обновляя» их. Это ведет к снижению ЭДС поляризации. А во-вторых, нет внешнего источника ЭДС. Электролиз идет за счет внутреннего падения напряжения источника ЭДС. А сопротивление электролита мало. Значит мало и падение напряжения. Отсюда и самоохлаждение электролита.

Электроводородный генератор конструктивно прост, органично вписывается в компоновку различных силовых двигательных установок транспортных средств, например, автомобиля, автобуса, сельхозмашины или трактора и хорошо с ними агрегируется, особенно с тепловыми турбинами. При этом наряду с решением основной технико-экономической задачи, обусловленной двукратным повышением топливной экономичности за счет полезного использования теплотерь ДВС, а в результате снижения его токсичности и увеличения общего КПД до 68-70 %, создается предпосылка для создания уже в ближайшем будущем принципиально нового, более совершенного транспортного средства - массового электромобиля с большим запасом хода, работающим на тепломеханическом источнике тока.

Внедрение ЭВГ в качестве утилизатора тепла на многочисленных компрессорных станциях магистральных газопроводов позволит повысить в 2-2,5 раза топливную экономичность турбоагрегатов за счет использования их теплотерь и выделяющейся теплоты при компрессии природного газа на выработку водорода, которым можно на 60 % восполнить расход углеводородного топлива и тем самым обеспечить его ощутимую экономию, т.е. увеличить объем продажи без приращения добычи.

Для получения энергии из водорода был разработан элемент с полимерной ионообменной мембраной, который сравнительно прост по своей конструкции и компактен. С одной стороны подается водород, с другой стороны кислород или воздух (рисунок). Сам элемент состоит из ионообменного полимера, ограниченного электродами. В результате реакций окисления-восстановления на электродах получают электрический ток и побочный продукт реакции – вода.



Элемент с полимерной
ионообменной мембраной

Существует реальная возможность перевода тепловых станций на использование в качестве топлива водорода, полученного при преобразовании теплоты близлежащих водоемов. В этом случае себестоимость производства электроэнергии снизится приблизительно в 1,5 раза.

Библиографический список

1. Дашков И.И. Водород – топливо будущего // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2001. № 6. С. 7-9.
2. Шейндлин А.Е. Проблемы новой энергетики. М.: Наука, 2006. 405 с.
3. Колли Р. Журнал Русского Химического Общества и Физического Общества при Санкт-Петербургском Университете. С-Петербург: 1873. Т. 7. Часть Физическая, с. 333.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ НАГРЕВА ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА

Семёнов А.Ю., Шерязов С.К.

*Челябинская государственная агроинженерная академия
magacitl@mail.ru*

В условиях постоянного роста цен на органическое топливо, становится актуальной проблема поиска новых источников энергии. Наиболее перспективным решением данной проблемы является использование возобновляемых источников энергии.

Самым доступным энергетическим ресурсом является солнечное излучение, оно доступно практически в любой точке нашей планеты. Известно множество устройств для преобразования солнечного излучения в требуемый вид энергии. Одним из таких устройств является преобразовательная установка, основанная на двигателе Стирлинга.

Совместное использование двигателя Стирлинга и солнечного излучения позволяют создать автономную энергетическую установку, вырабатывающую как электрическую, так и тепловую энергию. В основе данной установки лежат три конструктивных элемента: солнечный концентратор, система преобразования солнечного излучения в тепло и двигатель Стирлинга.

Поскольку известны различные конструкции двигателей Стирлинга и солнечных концентраторов, для исследования наибольший интерес представляет система преобразования солнечного излучения в тепло и нагрева. Анализ методов получения и подвода тепла для двигателя Стирлинга позволил выявить две системы: прямого и косвенного использования солнечной энергии.

В случае прямого использования солнечной энергии двигатель Стирлинга закрепляется непосредственно в фокусе гелиоконцентратора, таким образом, чтобы сконцентрированное солнечное излучение поступало непосредственно на нагревательный цилиндр. Преимуществом такой конструкции является: минимальные потери тепла при передаче его к двигателю Стирлинга, относительная простота конструкции. Основные недостатки данной конструкции: требуется усиленная конструкция системы, так как на высоте он должен выдержать вес двигателя Стирлинга, его системы охлаждения и самих концентраторов, и сложно проводить обслуживание и ремонтные работы.

В системе косвенного использования солнечной энергии устанавливается в фокусе гелиоконцентратора солнечный преобразователь, в который подается теплоноситель. Он нагревается и поступает в теплообменник, в котором устанавливается нагревательный цилиндр двигателя Стирлинга. В данной системе не требуется усиленная конструкция солнечного концентратора, так как нагреватель имеет небольшие размеры и вес. К недостаткам можно отнести дополнительные затраты на нагреватель и теплоноситель, особые требования к эксплуатационным характеристикам теплоносителя, снижение общей надежности системы, по сравнению с системой прямого нагрева.

Перспективной системой косвенного использования солнечной энергии является применение в качестве нагревателя солнечные вакуумные коллекторы. В условиях обычного рассеянного солнечного излучения коллекторы нагреваются до 200 °С, концентрация на них солнечного излучения позволит увеличить температуру теплоносителя до 300...350 °С.

Для передачи тепла от коллекторов к двигателю Стирлинга используется специальный теплоноситель, например силиконовый, который имеет широкий рабочий температурный диапазон 30...400 °С и может применяться в любых климатических условиях. Горячий теплоноситель подается в специальный теплообменник, в котором установлен нагревательный цилиндр двигателя Стирлинга.

Использование вакуумных коллекторов имеет несколько существенных преимуществ:

1. Вакуумные солнечные коллекторы являются серийно выпускаемым продуктом, доступным к заказу.
2. Коллекторы выпускаются в виде модулей, что позволяет создать любую требуемую конфигурацию солнечной установки.
3. Простая конструкция модулей обеспечивает быстрый монтаж и ремонт.

Таким образом, использование вакуумных коллекторов совместно с солнечным концентратором и двигателем Стирлинга позволит создать преобразовательную установку, имеющую простую конструкцию, не требующую боль-

ших затрат на создание, установку и эксплуатацию. Использование в данной установке силиконового теплоносителя с широким эксплуатационным температурным диапазоном позволит производить монтаж установки практически в любых климатических условиях.

Для эффективного использования солнечной энергии в системе, предусматривающей применение двигателя Стирлинга, требуется обоснование всех ее параметров. Важным является выбор параметров солнечных коллекторов и преобразователей энергии.

ВИХРЕВОЙ ЭФФЕКТ В МЕЗОМАСШТАБНЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПРОЦЕССАХ

Сидаков И.Ф.

*Южно-Уральский государственный университет
antisid2000@gmail.com*

В 1931 г. Джозефом Ранком был открыт вихревой эффект энергетического разделения газов, также называемый эффектом Ранка.

Эффект Ранка можно сформулировать следующим образом: при движении потока газа или жидкости по плавно поворачивающейся поверхности трубы у её внешней стенки образуется область повышенного давления и температуры, а у внутренней (либо в центре полости, если газ закручен по поверхности цилиндрического сосуда) — область пониженной температуры и давления.

После доклада Ранка Французскому физическому обществу о своём открытии о нём забыли, и только с 1946 года вихревой эффект стал объектом исследований учёных разных стран [1].

Первые отечественные исследования вихревого эффекта были проведены профессором Мартыновским В.С. и доцентом Алексеевым В.П. в Одесском технологическом институте пищевой и холодильной промышленности [1].

С 1953 года в Куйбышевском авиационном институте велась работа по исследованию вихревого эффекта и его промышленного использования. Были разработаны различные устройства, работающие на вихревом эффекте энергетического разделения газов: гигрометр, термометр, сварочный аппарат, вакуумный насос, холодно-нагревательная установка, осушитель, карбюратор и т.д.

В настоящее время разработана теория возникновения мезомасштабных турбулентностей [2], которая объясняет процесс возникновения вихревых воздушных потоков (смерчей) и преобразования энергии в этом процессе. Также решена трёхмерная задача возникновения торнадо по вышеуказанной теории [3]. Анализируя зависимости [3], можно прийти к выводу, что теория возникновения мезомасштабных турбулентностей подтверждает эффект, полученный Джозефом Ранком.

При помощи математической модели мезомасштабных турбулентностей появляется возможность создания алгоритмов и методик по управлению этими турбулентностями. Не стоит забывать, что мезомасштабные турбулентности можно рассматривать как возобновляемый источник энергии.

Таким образом, появляется возможность создания установки на основе эффекта, обратного эффекту Ранка и вышеуказанной теории, которая позволит создавать смерчи и преобразовывать их вращательную энергию в электрическую.

В будущем, разработанная нами установка позволит увеличить эффективность использования энергии ветра.

Библиографический список

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1969. 183 с.
2. Арсеньев С.А., Бабкин В. А., Губарь А.Ю., Николаевский В.Н. Теория мезомасштабной турбулентности. Вихри атмосферы и океана. М., 2010: [Электронный ресурс] URL: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_29214
3. Аветисян А.И., Бабкова В. В., Гайсарян С.С., Губарь А.Ю. Разработка параллельного программного обеспечения для решения трехмерной задачи о рождении торнадо по теории Николаевского М., 2008: [Электронный ресурс]. URL: http://agubar.narod.ru/ParJava/Arut_Barb_Gais_GU_2008_RazrPPfor3Dtorn_MatMod.pdf

ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С ВВЭР-1000 В РЕЖИМЕ ФОРСИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ

Смыкало А.Ю.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

E-mail: agi@aes.ispu.ru

Наряду со строительством новых АЭС, прирост выработки электроэнергии в России может быть достигнут переводом энергоблоков действующих АЭС с реакторами ВВЭР в форсировочный режим работы.

Максимальное значение тепловой мощности реактора в режиме форсировки определяется в первую очередь теплотехническими ограничениями со стороны активной зоны реактора:

- отсутствие объемного кипения в активной зоне (коэффициент запаса до кризиса по тепловому потоку должен быть не менее 1,2-1,3);
- максимальная температура оболочки твэла не должна превышать 350-360 °С;
- наличие запаса до температуры до плавления топлива.

Отметим, что основным ограничивающим фактором для повышения мощности реактора ВВЭР-1000 является ограничение по кризису теплообмена, а ограничение по температуре топлива является несущественным.

Определенные возможности повышения мощности обеспечивают эффект уменьшения объемного коэффициента неравномерности энерговыделения во время работы реактора. Это позволяет повышать мощность реактора в течение кампании с сохранением приемлемых запасов до кризиса теплообмена. Однако реальный эффект может быть получен только при параллельной работе нескольких блоков с ВВЭР.

Неравномерность энерговыделения в активной зоне может быть уменьшена при применении усовершенствованных конструкций ТВС. Поэтому имеется реальная возможность повышения мощности реактора при сохранении условий теплотехнической надежности и безопасности. Так, повышение мощности реактора ВВЭР до 3082 МВт в 6-ую топливную загрузку Волгодонской АЭС даст практически те же коэффициенты неравномерности и запас до кризиса теплообмена, что и при работе реактора в 1-ую топливную загрузку на уровне мощности в 3000 МВт. Разработанные в последнее время усовершенствованные ТВС для ВВЭР-1000 с удлиненным на 150 мм топливным столбом и гадолиниевым выгорающим поглотителем позволяют повысить номинальную тепловую мощность реактора до 3200 МВт, что нашло отражение в реализации нового проекта АЭС-2006.

Для действующих АЭС эффективным является повышение мощности реактора за счет снижения температуры теплоносителя на входе, но с обязательным снижением температуры теплоносителя на выходе, так как в противном случае требуется увеличение поверхности теплообмена активной зоны реактора, т. е. ее перепроектирование с соответствующим изменением теплогидравлических и нейтронно-физических характеристик.

Как показали теплогидравлические расчеты активной зоны реактора ВВЭР-1000, при повышении тепловой мощности до 3500 МВт температура теплоносителя на выходе из активной зоны должна быть уменьшена до 312 °С при одновременном снижении температуры на входе до 276 °С. В этом случае сохраняются допустимые запасы до кризиса теплообмена. Уточненные расчеты распределения энерговыделения показали, что место расположения максимума энерговыделения в форсировочных режимах не изменяется.

Уменьшение температуры на входе в реактор может быть осуществлено в дополнительном теплообменнике или в основном парогенераторе ПГВ-1000, который имеет запас по площади теплообменной поверхности около 12-15 %. Вариант с установкой дополнительного теплообменника на холодной нитке после парогенератора позволяет сохранить проектные значения начальных параметров пара в парогенераторе. При этом могут быть отключены (полностью или частично) подогреватели высокого давления системы регенерации паровой турбины или же увеличена температура питательной воды на входе в парогенератор. Однако этот вариант требует перекомпоновки оборудования первого контура и значительных капитальных затрат на его реализацию. Поэтому он вряд ли может быть применен на действующих АЭС. Более предпочтительным является второй вариант, поскольку он не требует установки нового оборудования. Однако уменьшение температуры теплоносителя на выходе из парогенератора приводит к значительному снижению параметров генерируемого пара (при мощности 3500 МВт и температуре на выходе из ПГ 276 °С давление генерируемого пара снижается с 6,4 МПа до 5,17 МПа). Это в свою очередь делает проблематичным обеспечение работы турбины с повышенными расходами пара, хотя турбина К-1000-60/3000 по пропускной способности имеет запас до 7-10 %.

Оценочные расчеты тепловой схемы турбоустановки для вариантов форсирования мощности с использованием существующих парогенераторов показали, что выигрыш в электрической мощности при $Q_p = 3500$ МВт составляет около 123 МВт. Однако электрический КПД «брутто» при этом снижается с 33 до 31,8 %.

Таким образом, имеется техническая возможность работы АЭС с ВВЭР-1000 на повышенном уровне мощности. При этом реально, с учетом возможностей по пропускной способности проточной части турбины и оборудования второго контура, мощность энергоблока может быть повышена до 1150-1170 МВт. В качестве специальных мер может быть рекомендовано применение обводного парораспределения, однако этот вопрос требует проведения дополнительных исследований.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА $\text{HfO}_2 + 10$ МОЛ % Y_2O_3 В ПОЛИ- И МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСА

Соловьёва В.В., УрФУ

*Строева А.Ю., Кузьмин А.В., Горелов В.П., Зайков Ю.П.,
Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН
A.Stroeva@ihte.uran.ru*

Одной из глобальных проблем, стоящих перед современной наукой, является создание новых источников энергии, а также разработка энергосберегающих технологий. Существенный вклад в решение этой проблемы вносит использование электрохимических устройств на базе высокотемпературных твердых электролитов с проводимостью по кислороду: генераторы на твердооксидных топливных элементах с высоким КПД, электролизеры для получения особо чистых газов, электрохимические сенсоры, позволяющие значительно сократить расход топлива в теплоэнергетических установках, повысить их экологические характеристики, моментально определить концентрацию кислорода в различных средах.

В большинстве современных электрохимических устройств используются твердые электролиты на основе диоксида циркония. Высокая химическая стойкость и прочность этих электролитов в сочетании с довольно высокой электропроводностью обеспечивают им лидерство в практическом применении. Структурные аналоги этих электролитов на основе диоксида гафния HfO_2 обладают еще более высокой химической и термической стойкостью, включая стойкость к сильно восстановительным атмосферам без появления электронной проводимости.

В работе проведены сравнительные исследования электропроводности твердых электролитов на основе диоксида гафния, стабилизированных оксидом иттрия – $\text{HfO}_2 + 10$ мол % Y_2O_3 (далее Н10Y) в поли- (пк) и монокристаллическом (м) состоянии в интервале температур 850-150 °С на воздухе.

Поликристаллические образцы состава Hf_{10}Y , Zr_{8}Y были синтезированы твёрдофазным способом. Монокристаллы того же состава получены методом кристаллизации расплава в холодном контейнере с использованием прямого высокочастотного нагрева в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН (лаборатория фианитов, Ломонова Е.Е.).

Электропроводность образцов определяли методом импедансной спектроскопии, поскольку он позволяет исключить погрешность, обусловленную электродными реакциями, а также провести разделение вкладов объёмного и межзёренного сопротивлений электролита. Сущность метода состоит в измерении полного сопротивления (импеданса) электрохимической ячейки при наложении на нее синусоидального напряжения, частоту которого изменяют в необходимом интервале. По данным измерений проводили построение годографов (рис. 1а, б) из которых определяли сопротивления объёма зёрен.

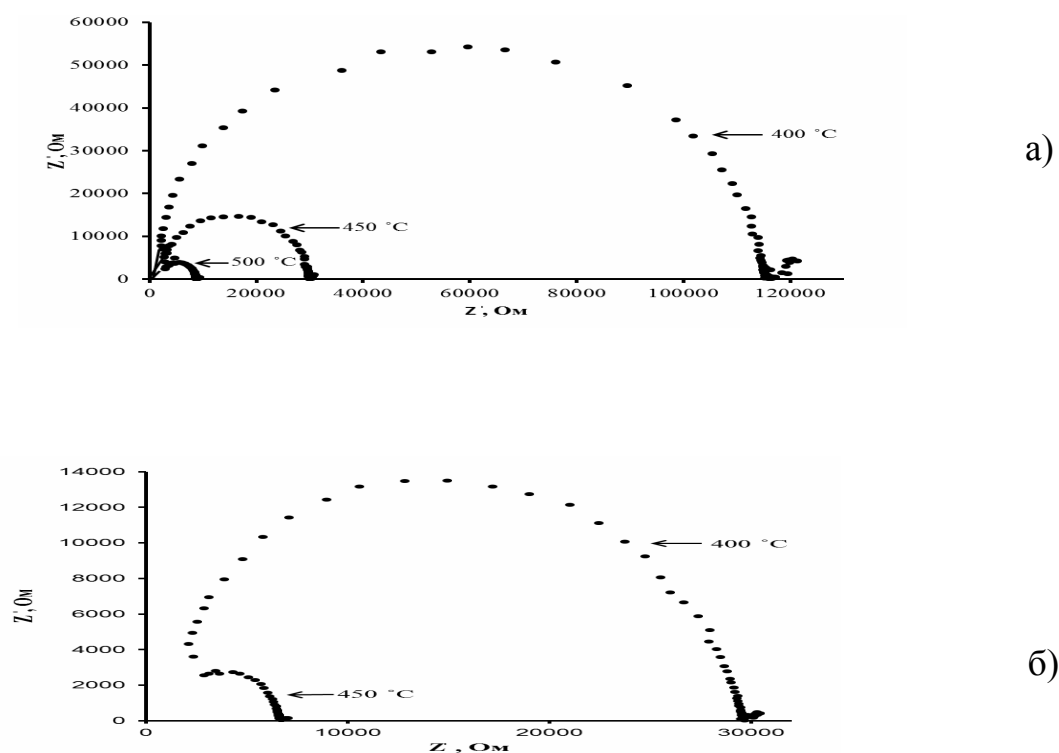


Рис. 1. Типичный вид годографов для образцов а) $\text{Hf}_{10}\text{Y}_\text{м}$, б) $\text{Hf}_{10}\text{Y}_\text{пк}$ при температурах 400-500 °C в атмосфере сухого воздуха

Эксперимент показал, что температурные зависимости в координатах Аррениуса имеют одинаковый вид, причем при высоких температурах проводимости практически совпадают. Но в области низких температур проводимость монокристалла существенно выше проводимости поликристалла (керамики) из-за вклада сопротивления границ зёрен (рис. 2).

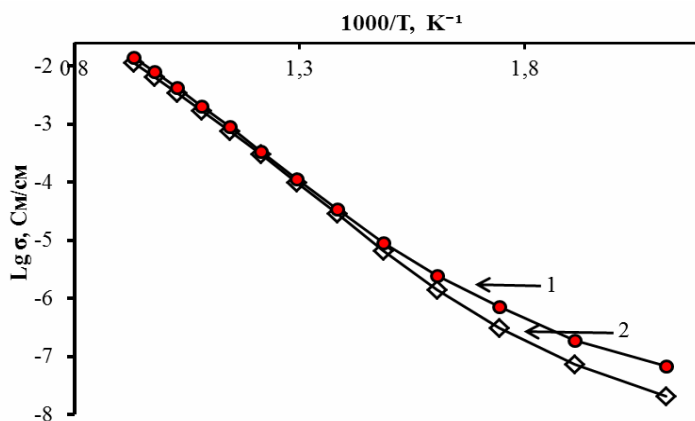


Рис. 2. Температурные зависимости проводимости монокристалла (1) и поликристалла (2) HfO₂

При температуре 350°C было изучено влияние влажности воздуха в интервале $p_{\text{H}_2\text{O}}$ от 40 до 2500 Па на проводимость исследуемых образцов. В пределах погрешности эксперимента при длительности выдержек около 3 суток в сухой ($p_{\text{H}_2\text{O}} = 40$ Па) и влажной ($p_{\text{H}_2\text{O}} = 2500$ Па) атмосферах, различий не обнаружено.

Сравнительное исследование физико-химических свойств материалов на основе HfO₂ в поли- и монокристаллическом состоянии позволит значительно повысить понимание особенностей их дефектной структуры. Практическое применение данных твердых электролитов будет способствовать ресурсосбережению и экономии энергии в различных теплоэнергетических установках.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЧЕЛОВЕКА. ВЛИЯНИЕ ЯЗЫКА

Спиридонова Е.В., Ануфриева Е.И.
УрФУ elenanufrieva@rambler.ru

В медицине широко используются электрографические методы, позволяющие проводить диагностику функционального состояния организма человека, устанавливая связь между его электрофизиологическими и клинко-анатомическими характеристиками. Электрическую активность органов и тканей изучают с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электрокардиограммы (ЭКГ), электропунктуры. Одним из перспективных электрографических методов исследования состояния человека является метод Газоразрядной Визуализации (ГРВ), основанный на эффекте Кирлиан [1]. Изображение при методе Кирлиан формируется за счет свечения газового разряда, возникающего вблизи поверхности объекта, помещенного в электромагнитное поле высокой напряженности. Газоразрядная Визуализация (ГРВ) – это компьютерная регистрация и анализ свечений, индуцированных объектами, в том числе и биологическими, при стимуляции их электромагнитным полем с усилением в газовом разряде. Метод ГРВ позволяет провести мониторинг энерго-информационного состояния человека.

Лечебное воздействие звука голоса и слова использовалось с давних времен у многих народов мира. Известно, что каждая здоровая клетка, каждый орган человеческого тела осциллирует с определённой частотой, и любое отклонение от нормы отражается на изменении этой частоты. Звук, издаваемый человеком, является по своей сути сложнейшим образованием, отражающим не только физическое и эмоциональное, но и ментальное состояние, а если этот звук выражен в виде слова, то он несёт определённую мыслеформу. По голосу и речи человека можно определить его состояние, настроение, характер. По тембру же и частоте голоса специалисты могут определить некоторые болезни. В настоящее время методами лингвистической генетики установлено, что последовательности нуклеотидов ДНК-хромосом являются речеподобными структурами, взаимодействующими с сознанием и речью человека. Предполагается, что поле ДНК-хромосом может служить волновым посредником между внешними кодами человеческой речи и внутренними кодами хромосомного аппарата [2].

Таким образом, сила, плотность звука, тембр голоса – это суть самого человека, его генетики, жизненного опыта, болезней, радостей и страданий. «Языки действительно влияют на оценку человеком одинаковых событий и явлений, происходящих в жизни, — считает директор Института лингвистических исследований РАН академик Н.Н.Казанский, — эта особенность известна давно, и работы по ее изучению проводились еще с начала прошлого века. Если вы владеете двумя языками, то попробуйте сформулировать какую-нибудь мысль сначала по-русски, а потом по-английски. Мысль по-английски либо объединится, либо не сможет быть сформулирована в том же ключе, что и по-русски» [2].

Так как каждый из языков имеет свой ритм, эмоциональную окраску, отдельные акцентируемые звуки, то их влияние на психофизическое состояние человека может быть разным. При исследовании влияния звуков на человека, было установлено, что непосредственно текст и образы, которые несёт речь, стоят совсем не на первом месте по значимости. Тогда можно предположить, что иностранная речь будет воздействовать и на человека, не владеющего данным языком [3].

Задачей настоящей работы явилось исследование методом ГРВ возможного воздействия разных языков на человека, как владеющего различными языками, так и не владеющего ими.

У четырёх испытуемых на приборе ГРВ-Камера были сняты исходные данные. Затем трое испытуемых прослушали по одной минуте записи одной и той же аудио книги на разных языках: английском, немецком, голландском (германская языковая группа); итальянском, французском, испанском, португальском (романская языковая группа); русском, чешском, польском (славянская языковая группа); китайском (китайская языковая группа); шведском (скандинавская языковая группа). После каждого прослушивания были сняты излучения пальцев рук. Четвёртый испытуемый сам владел английским, французским, испанским, итальянским и греческим языками (греческая языковая группа). После каждого монолога также проводилось снятие данных.

Проведённые экспериментальные исследования показали, что различные языки совершенно по-разному влияют на энергетику человека, его психо-эмоциональное состояние. Одни – положительно, другие – отрицательно. Положительное влияние состоит в усилении светимости, увеличении площади ауры, снижении коэффициента активации, наиболее благоприятном распределении комплексного ГРВ параметра по органам и системам в сопоставлении с исходным состоянием испытуемого. Отрицательное действие заключается в снижении интенсивности светимости, значительном уменьшении площади свечения, повышении коэффициента активации порой до высоких значений, снижении нормы комплексного ГРВ параметра по органам и системам, что говорит об уменьшении энергетического потенциала после воздействия языка. Характер влияния индивидуален и зависит от личностных предпочтений и интересов. Воздействие разные языки могут оказать как на самого говорящего, так и на человека, не владеющего ими.

Библиографический список

1. Коротков К.Г. Основы ГРВ биоэлектрорафии. СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2001, 360 с.
2. http://coollingua.blogspot.com/2010/05/blog-post_03.html
3. <http://www.istmira.com/yetnologiya/1346--45-yazykovaya-lingvisticheskaya-klassifikaciya.html>

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

*Тарханова М.А., Микула В.А., Елатов А.И.
УрФУ, tes.urfu@mail.ru*

Тепловым насосом называется техническое устройство, реализующее процесс переноса низкотемпературной теплоты, не пригодной для прямого использования, на более высокотемпературный уровень. Тепловые насосы являются трансформаторами теплоты, в которых рабочие тела совершают обратный термодинамический цикл, перенося теплоту с низкого температурного уровня на высокий.

Источниками возобновляемой низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов может служить:

- Наружный и отводимый из помещений воздух;
- Почва (грунт) и подпочвенная вода представляют собой источники тепла, широко используемые в небольших системах на базе тепловых насосов;
- Морская, озерная и речная вода, геотермальные источники и грунтовые воды, залегающие на глубине ниже 20 м, применяются для систем большой мощности.

В мире тепловых насосов всех типов насчитывается более 100 млн шт. Около 57 млн шт. из них приходится на долю Японии; 13,5 млн шт. – США; 10 млн шт. – Китая и только 4,28 млн шт. – Европы (без России и стран СНГ).

Например, в Швеции они получили широкое распространение из-за не-высоких эксплуатационных расходов на теплонасосное отопление, так как 50 % электроэнергии страны вырабатывается на ГЭС с относительно низкой себестоимостью.

Существует ряд задач для тепловых электрических станций, решение которых возможно с помощью применения тепловых насосов, это:

- Использование низкопотенциальной тепловой энергии, отводимой с циркуляционной (технической) водой в окружающую среду. Это актуально для любого типа ТЭС.
- Ограничение в летний период электрической мощности ТЭЦ работающих на оборотной системе технического водоснабжения с использованием градирен. Например, это актуально для Ново-Свердловской ТЭЦ, снабжающей теплом около 30 % потребителей г. Екатеринбурга. В наиболее жаркое время года эффективное использование Ново-Свердловской ТЭЦ оказывается невозможным из-за «запирания» её конденсационной мощности вследствие недостаточной производительности конденсационных установок. Конденсационные установки не могут охладить циркуляционную воду до требуемой температуры, и максимальная мощность турбины ограничивается ростом давления в конденсаторе.
- Снижение тепловой нагрузки на систему охлаждения технической (циркуляционной) воды, что актуально для ТЭС использующих градирни. При строительстве можно снизить затраты на возведение градирен и на системы технического водоснабжения в целом.
- Увеличение производства электрической энергии на существующих ТЭЦ, при этом удельных капитальные затраты на 1 кВт электрической мощности, производимой за счет использования тепловых насосов, может быть в 2-3 раза ниже, чем при строительстве новых электрогенерирующих мощностей.

Потери в цикле ТЭС с теплотой, отводимой технической водой из конденсатора в окружающую среду, составляют 40-60 % от теплоты использованного на ТЭС топлива. Объем этой низкопотенциальной теплоты обычно в несколько раз превышает количество тепловой энергии, отпускаемой ТЭС потребителям, т.е. этот источник является перспективным для использования на нужды теплофикации.

Анализ возможности использования тепловых насосов был проведен на примере Ново-Свердловской ТЭЦ, обеспечивающей ~30 % тепловой энергии г. Екатеринбурга.

Критерием для оценки эффективности, в первую очередь, служила $\Delta N = N_{\text{доп}} - N_{\text{эл}}$ – разница между дополнительной выработкой электрической энергии на турбине $N_{\text{доп}}$ и электрической энергией, затрачиваемой на привод компрессора теплового насоса – $N_{\text{эл}}$.

Рассматривалось 3 варианта использования тепловых насосов:

1. Тепловой насос нагревает сетевую воду перед сетевым подогревателем, охлаждая циркуляционную воду после конденсаторов.

2. Сетевая вода нагревается паром в конденсаторе турбины, а тепловой насос охлаждает сетевую воду до конденсатора, передавая теплоту сетевой воде после конденсатора.

3. Тепловым насосом нагреваем сырую воду перед подогревателем подпиточной воды, охлаждая циркуляционную воду после конденсаторов.

Для расходов циркуляционной воды от 55 до 80 млн т/месяц произведен расчет $K_{\text{ЭФФ}}$ (коэффициент эффективности обращенного цикла Карно) для всех 3-х рассматриваемых вариантов. Расчеты показали, что величина ΔN становится положительной ориентировочно при $K_{\text{ЭФФ}} > 6$. Это условие было принято за критерий для отбора приемлемых вариантов.

Расчеты показали, что для теплого насоса мощностью от 2 до 70 МВт подключенного по схеме варианта 3 ΔN положительна 12 месяцев в году. При варианте 1 ΔN положительна при мощности теплового насоса около 2 МВт и только в летний период (с мая по август). При подключении теплового насоса по 2-му варианту процесс всегда не выгоден, так как требует затрат электроэнергии.

Возможным выходом повышения эффективности мероприятия по внедрению при тепловой мощности теплового насоса порядка 100 МВт может стать комбинированная схема включения ТН, предусматривающая работу по варианту 1 в период с мая по август и по варианту 3 в период с сентября по апрель.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА YBaCo_4O_7 – ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Титова Е.А.¹, Леонидов И.А.²

*¹УрФУ, ²Институт химии твердого тела УрО РАН
e-mail: elenaUtitova@yandex.ru*

Превращение химической энергии обычных топлив (угля, нефти, природного газа) в электричество до сих пор является многостадийным процессом, и коэффициент использования топлива самых современных паротурбинных энергетических установок не превышает 40 %. В топливных элементах осуществляется прямое превращение энергии топлива в электричество, минуя малоэффективные, идущие с большими потерями процессы горения, что позволяет резко повысить энергоэффективность использования природных ресурсов, сократить выбросы CO_2 в атмосферу. В топливных элементах до 90 % энергии топлива непосредственно превращается в электричество. Энергетические установки на топливных элементах, использующие водород, проектируются с КПД выше 60 %.

Высокая стоимость топливных элементов за счет использования в качестве материала электродов платины ограничивает их применение военными и космическими приложениями. Применение оксидных электродов, например $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ с перовскитной структурой, также затруднено из-за малой катали-

тической активности для реакции восстановления кислорода при температурах 500–900 °С. Оксиды переходных металлов со смешанной электронной и кислород-ионной проводимостью могут использоваться как электроды (анод и катод) в высокотемпературных топливных элементах. Электродные материалы должны обладать хорошей структурной и химической устойчивостью в условиях высоких рабочих температур.

В последнее время сложный оксид YBaCo_4O_7 с гексагональной структурой вызвал интерес, как потенциальный катодный материал. В отличие от перовскитоподобных оксидов, YBaCo_4O_7 состоит из тетраэдров CoO_4 , между которыми находятся ионы Ba^{2+} и Y^{3+} , соответственно, с 12- и 6-кратной кислородной координацией. Использование кобальта в составе материала дает высокую электронную проводимость, а наличие каркасной кристаллической структуры обеспечивает совместимость с материалом топливного элемента по коэффициенту термического расширения.

Наши исследования направлены на изучение условий синтеза и, непосредственно, получение соединения YBaCo_4O_7 .

Образец для исследования получали методом твердофазного синтеза. В качестве исходных реагентов использовали заранее синтезированные и аттестованные BaCO_3 , Co_3O_4 , Y_2O_3 . Синтез проводили при температурах 900–1050 °С в течение 100 ч с гомогенизацией промежуточных продуктов через 12–44 ч обжига. Фазовый состав синтезированных материалов контролировали рентгенографически на порошковом дифрактометре. Для определения структурных параметров использовали программу Fullprof.

Таким образом, мы получили однофазный образец YBaCo_4O_7 , в то время как по литературным данным лидирующую фазу получить не удалось.

УЧЕБНО-КОНТРОЛИРУЮЩЕЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НОРМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Фролов И.О.

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ilya-froloff@mail.ru

В настоящее время в связи с быстрым развитием сетевых и коммуникационных технологий возникает необходимость их эффективного использования. В этой области наиболее актуальной является задача создания и широкого внедрения в учебный процесс автоматизированных систем обучения и диагностики качества знаний. Проектирование автоматизированных обучающих систем и диагностика качества знаний по локальной сети и сети Internet позволяют автоматизировать не только процесс обучения по лекционному материалу, но и такую форму занятий, как индивидуальная работа обучающихся.

Данное компьютерное учебно-контролирующее пособие, в первую очередь, предназначено для подготовки персонала и специалистов всех уровней предприятий и учреждений Минатома РФ, Минздрава РФ и Госсанэпиднадзора в плане перехода на новые концепции радиационной безопасности в соответст-

вии с требованиями Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [1]. Также оно послужит хорошим материалом для студентов соответствующих специальностей, для которых тематика данного пособия является крайне актуальной.

Радиационная безопасность является важным элементом национальной безопасности и подразумевает состояние защищенности настоящего и будущих поколений от вредного влияния радиации. Речь идет, в первую очередь, о повседневном использовании радионуклидов и ионизирующего излучения в промышленности, науке, медицине, сельском хозяйстве, космической технике и т.д. Любое полезное применение радиации должно быть безопасным, что имеет принципиальное значение в дальнейшем прогрессе человечества, в освоении новых и развитии использования существующих источников энергии.

Целями проекта являются: подбор необходимого информационного материала и его организация в единую систему, разработка вопросов к каждому созданному разделу, а также сопровождение использования программы с внесением дополнений и исправлений. В процессе создания компьютерного пособия было использовано большое количество учебных материалов, методических пособий, справочников и ресурсов сети Internet. В итоге созданы как информационные модули по основным темам Норм радиационной безопасности, так и контролирующие по соответствующим разделам. Для создания пособия использовалась специальная программа-оболочка, позволяющая решить все поставленные задачи, а именно обучение и контроль.

Обучение – это многогранный и обширный процесс, поэтому контроль знаний – очень важная его сторона. В связи с этим большое внимание уделяется организации оптимального контроля обучаемых. Использовались различные типы тестовых заданий:

- задания альтернативных ответов, требующие ответа «да – нет»;
- задания множественного выбора, предполагающие наличие вариативности в выборе ответов;
- задания на восстановление соответствия;
- задания на восстановление последовательности;
- задания-дополнения с ограничением на ответ (вписать только одно слово, цифру, символ, знак и т.д.).

Данный проект, безусловно, имеет ряд преимуществ. Задания могут быть надежны, поскольку отсутствуют факторы, связанные с субъективными оценками, которые снижают надежность. Оценивание заданий полностью объективно: между оценками проверяющих не может быть различий. Задания легко обрабатываются, тестирование проводится быстро. Простой алгоритм заполнения снижает количество случайных ошибок и описок. Существует низкая вероятность угадывания правильных ответов. Задания позволяют охватить большие области знания, что особенно важно.

Несомненно, проект является перспективным и имеет самые различные направления своего дальнейшего развития. На всех атомных электрических станциях страны персонал, работающий в зоне строгого режима, ежегодно проходит проверку знаний в виде экзамена по дисциплине «Радиационная безопас-

ность». В настоящее время контроль проходит в письменной форме, что существенно затрудняет подготовку специалистов к сдаче экзамена и проверке работ. С введением данного учебно-контролирующего пособия на атомных электрических станциях ряд проблем существенно исчезнет. Также данное пособие могут использовать руководители и специалисты предприятий, занятых проектированием, монтажом, эксплуатацией и утилизацией приборов и устройств с радиоактивными источниками и с генерирующими источниками ионизирующих излучений: рентгеновских аппаратов, рентгеновских дефектоскопов, досмотровых установок и т. д. Проект не имеет аналогов в России и за рубежом.

Данное учебно-контролирующее пособие переводится на английский язык в целях его дальнейшего использования за рубежом. В пособии, в первую очередь, учтены международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения (Safety Series No. 115 – International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources) [2].

Библиографический список

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М., 2009. 100 с.
2. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения: Серия изданий по безопасности. Вена, 1997. № 115. 382 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ ПОДАЧИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА НА СЖИГАНИЕ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

*Ханова А.С., Саутченко Н.И., Очайкин К.В., Потанов В.Н., Костюнин В.В.
УрФУ E-mail: tes.urfu@mail.ru*

Изучение оригинальной технологии вихревой газификации биомассы и ряда ископаемых топлив для сжигания полученного газа при получении пара, горячей воды или электроэнергии в ООО «Вихревые системы» началось в 2004 году. Тогда сразу стало ясно, что использование схем газификации на мощных установках получения электроэнергии крупными тепловыми электростанциями (ТЭС) лишено смысла и перспективы, если для газогенерации на ТЭС подавать товарные органические топлива – различные угли, торф и т.п. Это те виды топлив, которые ТЭС и котельные покупают на рынке по реальным ценам для последующего сжигания с помощью обычных технологий получения теплоты и электричества для новых, уже давно коммерческих рынков вторичной энергии.

Современная ситуация в современной энергетике и тенденции развития в ближайшие 10-20 лет приводят к выводу, что получение вторичной энергии с использованием газогенерации твердых органических веществ целесообразно и привлекательно, прежде всего, только тогда, когда используют дешевые или бесплатные ресурсы, например, органические коммунальные и промышленные отходы. В странах Европейского Союза этому способствуют также ощутимые льготы подобному направлению – использованию органики через особые схе-

мы продажи вторичной энергии энергетическим компаниям или муниципалитетам, особенно с привлечением поощрений за использование «зеленой» энергии.

Уже начиная с 2004 года, руководителями настоящей работы были четко сформулированы и опробованы на действующих аппаратах принципы новой, не включенной пока в труды по этой теме, оригинальной технологии ступенчатой вихревой газогенерации. Тогда же сразу они пришли к выводу, что наилучшим способом использования полученного газа для производства вторичной энергии является его сжигание в топках котлов, если органическое сырьё, из которого будет получен генераторный газ, будет существенно дешевле, чем сжигаемое на котлах ТЭС или в котельной, купленное на рынке товарное энергетическое топливо. Одновременно были предложены и реальные схемы внедрения новой технологии при использовании биомассы, отходов и дешевых местных топлив.

Самая простая и дешевая схема состоит из газогенератора, установленного прямо у горелок топки котла с прямым сбросом через эти горелки полученного в аппарате неочищенного и, самое главное, – неохлажденного горячего газа для его сжигания в топке. В такой схеме следует считать газогенератор элементом конструкции горелки или всего топочно-горелочного устройства. На практике подобную схему можно допустить, если между газогенератором и горелкой газопровод имеет минимальную или нулевую длину, или этот газогенератор вообще представляет собой элемент горелки и даже топки котла. В этом случае при возникновении на подобном объекте аварийных ситуаций возможно очень быстро отключать подачу воздуха и топлива на газогенерацию, предотвращая взрыв этого газа. Принципиальным преимуществом технологической схемы, кроме предельной дешевизны и простоты, является то, что только такая схема обеспечит полное сжигание всех смол, всегда содержащихся в газообразном состоянии в любом генераторном газе, если температура горючего газа после газогенерации превышает уровень 500...600 °С. С учетом всех потерь и затрат это повысит полный КПД использования исходного сырья не менее, чем на 1-2 абсолютных процента, именно в единой схеме газогенератор – топка. Во всех иных известных технологиях газогенерации в схемах получения электричества и теплоты получить такой рост КПД за счет полного сжигания смол (без иных дополнительных технологий) обычно невозможно или очень сложно и дорого.

Дополнительно отметим, что схемы газогенератор – топка, разработанные ранее в ООО «Вихревые системы», можно превратить в будущем в совершенно новую технологию сжигания вообще любых топлив с предельно глубоким подавлением выбросов оксидов азота (NO_x), одновременно вместе с предельно полным использованием исходных твердых топлив или биомассы, и других топлив, причем с учетом полного сжигания генераторного газа, смол, а по технологиям той же фирмы и почти всех твердых продуктов недожога.

По сравнению с известными схемами снижения образования и подавления выбросов NO_x в традиционных технологиях сжигания топлив, все упомянутые нами ранее разработанные на фирме новые принципы и схемы именно прямого сжигания неохлажденного, неочищенного, низкокалорийного генераторного газа, с точки зрения снижения выбросов (NO_x) в перспективе могут быть еще более эффективными, даже, возможно, если еще немного поднять температуру

получения газа, далее сразу вводимого в топку для сжигания. Это связано с тем, что в новом интегральном процессе до 50-70 % теплоты топлива выделится в самом газогенераторе при уровне избытков воздуха около 0,3, одновременно с увеличением на один-два порядка времени пребывания NO_x в среде продуктов газификации в вихревом аппарате (минимум две-три секунды). Это на порядок больше времени процесса частичного восстановления NO_x в зонах местного дефицита O_2 в факелах обычных горелок при сжигании топлива в схемах двух и трехстадийного сжигания в обычных топках. При избытке воздуха 0,3 будет (согласно теории Рослякова и рекомендациям Deutsche Babcock AG), вероятно, достигнут предел минимизации выхода топливных NO_x , а при температурах процесса от 600 до 1200 °С прямо в газогенераторе можно достичь предельного подавления быстрых и термических NO_x . Достигнутое на предлагаемых новых вихревых газогенераторах со ступенчатой генерацией увеличение времени пребывания газов и реагирующих топлив в атмосфере высоких концентраций СО и H_2 , возможно, даже приведет к полному восстановлению в молекулярный азот N_2 всех образовавшихся топливных NO_x в процессе генерации газа.

Реализация новой схемы сжигания горячего, неочищенного генераторного газа, полученного из биомассы, на тепловыделение в топке останется лишь 20-30 % суммарного выхода полной теплоты всего процесса. Правильный выбор и настройка горелок факельного сжигания генераторного газа возможно поможет достичь итоговое снижение выбросов NO_x лучше, чем в технологиях прямого сжигания твердых топлив и, особенно, биомассы. Реализация этой схемы также допустима, для сжигания малозольных углей. В случае биомассы перспективы технологии существенно расширяются, так как неочищенный генераторный газ можно подавать в топку малых угольных котлов для замещения на них гораздо более дорогих твердых топлив, сжигаемых на таких котлах обычно с очень низким кпд. Сжигание генераторного газа, полученного из биомассы, даже с учетом всех потерь процесса и в самом генераторе, может поднять кпд этих котлов на десятки процентов, например, с 40-50 % до 80-85 %. Эти потери пока можно существенно снизить только использованием вихревых газогенераторов ступенчатой газогенерации ООО «Вихревые Системы», которые на практике уже показали снижение выхода смол в генераторном газе в несколько раз, одновременно с улавливанием части золы из газа в самом газогенераторе.

Приведенная нами схема пригодна для частичного и полного вытеснения на малых котлах даже более дорогого природного газа, но только если исходная биомасса имеет низкую цену или бесплатна для владельца котла. Еще лучше, если биомасса является отходом производства и подлежит уничтожению. Это направление коммерчески самое перспективное. В этом случае уже возможно даже рентабельное получение малых объемов электроэнергии для внутреннего потребления, так как в малых двигателях внутреннего сгорания нет предельно жестких требования к очистке газа, например, на фоне предельно жестких требований к очистке газа перед мощными зарубежными ДВС и, особенно, – перед газовыми турбинами, на которые обычно уповают разработчики ТЭС с внутрицикловой генерацией горючих газов из товарных энергетических углей.

На практике пока реальна более сложная и дорогая схема при достаточно удаленном расположении газогенератора от топки котла, даже если при этом линию подачи искусственного газа к горелкам котла придется всегда оснащать полными стандартными схемами безопасности сжигания природного газа – с их задвижками и свечами. К тому же полученный генераторный газ придется очищать и охлаждать до температур, приемлемых золоуловителям и газовой арматуре котла, что, конечно, несколько снизит экономический эффект. Но эта более сложная схема, может также оказаться эффективнее всех известных нам схем использования газогенерации в электроэнергетике. Отметим при этом, что внутрицикловая газогенерация любых товарных энергетических твердых топлив нигде в мире пока себя коммерчески не оправдала на относительно мощных установках ТЭС. Они десятки лет не могут доказать коммерческую или экологическую привлекательность, и, на наш взгляд, вообще не пригодны для получения электроэнергии на мощных ТЭС в рыночных условиях. Потери в парогазовых технологиях угольных ТЭС с внутрицикловой генерацией товарных твердых топлив всегда будут в 2-3 раза выше внутрицикловых потерь любых современных паротурбинных ТЭС. Новые угольные ПГУ, конечно, могут иметь более высокий кпд брутто, но на практике всегда будут дороже и при этом всегда иметь кпд нетто ниже, чем новые экологически безопасные паротурбинные ТЭС на бурых или каменных углях, что уже доказала практика.

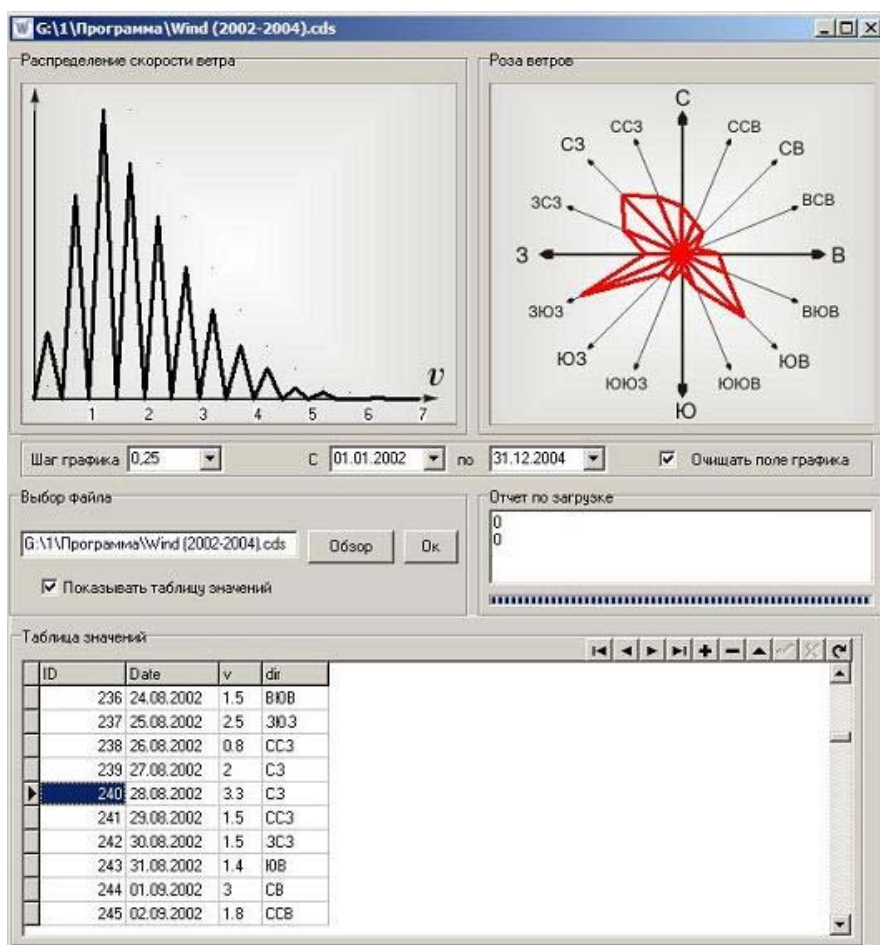
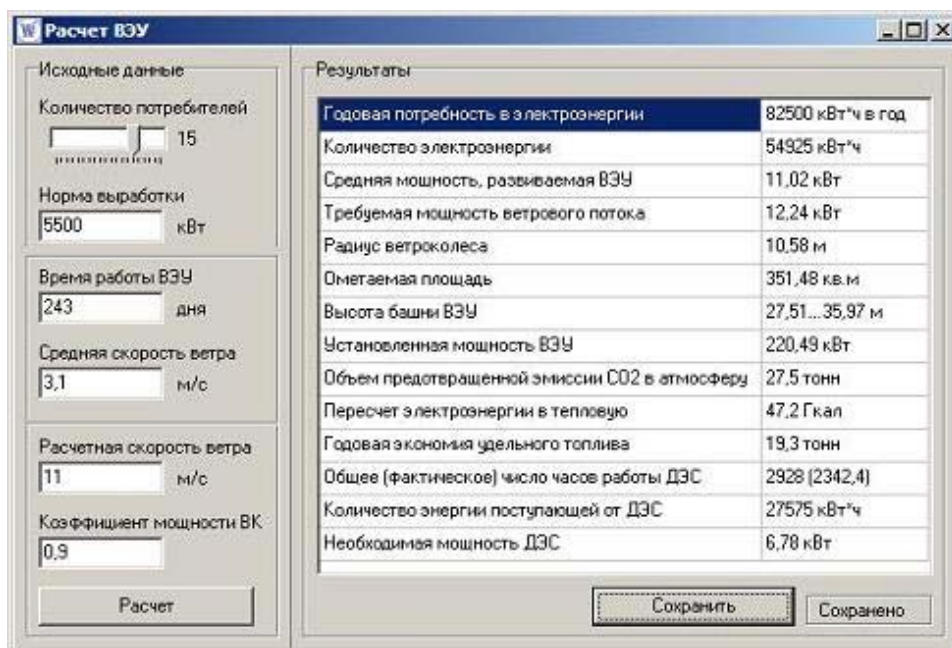
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕСТНОСТИ И РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЭУ

*Четошников С.А.
Южно-Уральский государственный университет
tchetser@gmail.com*

Популярность ветроустановок, как альтернативных источников электроэнергии, растет с каждым годом. Использование энергии ветра для электроснабжения индивидуальных потребителей (отдельных домов или поселков) может оказаться экономически выгодным. Оценку целесообразности использования ветроустановок следует проводить на основе расчетов.

Для выбора подходящей ветроэнергетической установки (ВЭУ) необходимо оценить ветровой потенциал местности и определить мощность нагрузок потребителей. Все расчеты производятся по стандартным формулам, поэтому можно упростить этот процесс, используя компьютерную программу (рис. 1, 2).

При разработке программы использовались известные методики расчета ветрового потенциала и мощности ВЭУ [1]. Исходными данными для программы являются: количество потребителей, норма выработки электроэнергии для каждого из них, время работы ВЭУ, средняя (для данной местности) и расчетная (для ветроустановки) скорости ветра и коэффициент мощности ветроколеса.



Данные по местности (средняя скорость ветра и время работы ВЭУ) могут быть введены непосредственно в соответствующие поля, либо получены путем обработки данных по метеонаблюдениям за определенный период. Обработка производится автоматически с помощью специального модуля, входящего в состав программы. В результате пользователь получает информацию о средней скорости и преимущественном направлении ветра, а также график распределения скоростей ветра и розу ветров.

График распределения скоростей ветра и роза ветров могут быть сохранены, как изображения, а результаты расчетов в форме текстового файла.

Полученные данные используются для определения числа часов в году, когда скорость ветра будет меньше начальной для данной ВЭУ (т.е. она не будет вырабатывать электроэнергию) и мощности, поступающей от генератора ветроустановки во время ее работы. Таким образом, расчет с использованием данных из внешнего файла получается более точным, так как учитывает особенности данной местности по распределению скоростей и направлений ветра.

В результате расчета, программа выдает необходимые значения параметров ВЭУ. Эти параметры используются для выбора одной из существующих ветроустановок. В окне результатов отображаются также другие полезные сведения: годовая потребность в электроэнергии, экономия удельного топлива и др. Если ветроустановка не может обеспечить необходимую норму выработки, то вычисляется количество электроэнергии, которое будет поступать от резервного источника (дизель-генератора), а также количество топлива, которое требуется для его работы.

Программа создавалась в среде разработки Delphi, как оконное приложение для операционной системы Windows. Она является простой по структуре и может быть дополнена новыми функциями и усовершенствована. Так, например, мощность потребителей можно задавать, используя графики нагрузок, что сделает расчет точнее и более приближенным к реальным условиям.

Область применения данной программы – предварительный расчет и оценка ветрового потенциала местности. С ее помощью можно сделать вывод об эффективности применения ВЭУ в определенном регионе, при определенных нагрузках. Плюс программы в простоте использования и наглядности полученных результатов.

Библиографический список

1. Серебренников Ф.В. Ветроэлектрические установки малой мощности для изолированного потребителя // Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК: Материалы междунаро. науч.-практ. конф. М., 2007.
2. Зубов В.С., Шевченко И.В. Структуры и методы обработки данных: Практикум в среде Delphi. М.: ИИД «Филинь», 2004.

ОСОБЕННОСТИ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Чигак А. С., Шерьязов С. К.

*Челябинская государственная агроинженерная академия
sakenu@yandex.ru*

Каждый день на земную поверхность поступает огромное количество энергии, неисчерпаемым источником которой является Солнце. Энергия его является источником жизни на нашей планете.

Одним из альтернативных источников электроэнергии является солнечная батарея – электрическое устройство, которое преобразует часть солнечного электромагнитного излучения в электрический ток. Материалом служит один из самых распространенных в земной коре элементов – кремний, а «топливом» – бесплатные солнечные лучи. Солнечная батарея представляет собой фотоэлектрический генератор, принцип действия которого основан на физическом свойстве полупроводников.

Для эффективного использования солнечных батарей необходимо их выбрать для системы электроснабжения. При этом из-за выработки небольшой мощности следует подключить соответствующих маломощных потребителей.

В настоящее время с развитием энергосберегающей технологии, в частности в системе электроосвещения, появляется возможность использовать маломощные электроприемники. Чем выше КПД источников оптического излучения, тем лучше освещенность помещений при меньшей потребляемой мощности. Соответственно снижается общая стоимость системы электроснабжения.

Анализ существующих осветительных установок показывает, что лампа накаливания (ЛН) на сегодняшний день имеет наилучший спектр из представленных на рынке ламп. Однако энергопотребление при использовании ЛН будет наибольшим из всех, и для автономных систем электроснабжения они не подходят из-за низкой энергоэффективности.

Сравнительный анализ потребляемой мощности при использовании компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) и светодиодных ламп показывает, что нагрузка в одно и то же время дня, а, следовательно, энергопотребление при использовании КЛЛ будет немного выше, чем при использовании светодиодных ламп. КЛЛ, хоть и не уступают светодиодным лампам в энергоэффективности, остаются в числе опасных приборов с точки зрения экологичности (наличие ртути) и вредности для здоровья (линейчатый спектр, просачивающееся УФ-излучение и т. д.). Светодиодные лампы являются наиболее безопасными из всех, представленных здесь, а также самыми энергосберегающими.

С учетом этого, для целей освещения рекомендуется применять светодиодные лампы. При этом для системы автономного электроснабжения появляется возможность использования солнечных батарей.

В простейшем виде автономное электропитание можно обеспечить прямым подключением к нагрузке солнечной батареи. Однако несогласованность величины и времени поступления электроэнергии от источника к потребителю требует наличие аккумулятора. Поэтому аккумулятор, работающий в буферном

режиме, просто необходим для фотоэлектрической системы. Помимо своей основной функции – хранить энергию – он выполняет также и функцию стабилизации напряжения на нагрузке.

Для преобразования постоянного тока аккумуляторной батареи в переменный синусоидальной формы нужен инвертор. Это устройство для преобразования постоянного тока в переменный ток с изменением величины напряжения или без.

Таким образом, система автономного электроснабжения с использованием солнечной энергии состоит из трех основных элементов: солнечная батарея, аккумулятор и инвертор. Для эффективного электроснабжения необходимо обосновать параметры каждого элемента с учетом как режима поступления солнечной энергии, так и режима потребления преобразованной энергии. При этом требуется оптимизация схемы электроснабжения.

Электроснабжение от солнечной электростанции имеет свои особенности. На сегодняшний день солнечные установки рассматриваются как наиболее перспективные источники в развитии системы автономного электроснабжения.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Шарпилов А. Ю., Ильин Ю. П.

Челябинская государственная агроинженерная академия

www.csaa.ru

Биотехнология является приоритетным направлением развития науки и техники, как в России, так и в ряде других стран. Одним из перспективных направлений энергосбережения является перевод животноводства на собственные и мало зависимые системы снабжения топливом и энергией.

Одним из этапов по решению задачи снижения степени энергодефицитности Челябинской области может служить использование альтернативных источников энергии. При этом процесс метанового брожения может проводиться с достаточной степенью эффективности в БГУ, которые снизят площади под хранение ядовитых отходов животноводства, создадут дополнительные рабочие места и улучшат экологическую обстановку. Обеспечение стабильности и необходимого характера протекания процесса невозможно без создания и модернизации схем управления элементами БГУ, а также их автоматизации и сигнализации.

Для этого предлагается модернизация существующей ЛБГУ, разработанной ранее Ю.П. Ильиным и Н.Ю. Кузьминой.

Существующая лабораторная установка имела, в основном, ручное управление. ТЭН находился под днищем метантенка, электродвигатель был установлен только на измельчителе, насосы отсутствовали. Количество биогаза определялось степенью вздутия шарика с последующим взвешиванием. Наличие метана проверялось пропусканием смеси через мыльную воду с последующим зажиганием.

При решении вопросов об управлении потоками в ЛБГУ, перед нами ставились задачи [4]: поэлементной замены приводов механических мешалок (реактора и подогревателя-выдерживателя); установки и герметизации дополнительных ТЭНов; обеспечения контроля и регулирования температуры в среде метантенка и в объеме подогревателя-выдерживателя; установки компрессора и насоса технической воды, более производительного насоса по удалению шлама, элемента разделения потоков: подстилочного и бесподстилочного навозов (труба-штаны); совершенствования газгольдера; элементов, обеспечивающих в электрической схеме цикличность перемешивания при создании витающего слоя; установки электронного счетчика электрической энергии взамен индукционного; контроль температуры наружного воздуха.

При этом целью создания модернизированной установки являлось изучение различных режимов работы ЛБГУ, которая методом подобиия имитирует работу реальной установки. Модернизированная ЛБГУ позволяет оценивать составляющие материально-энергетических потоков в технологической схеме БГУ, учитывать степень влияния и взаимосвязанность операторов между отдельными устройствами, определять нагрузки на все элементы установки.

Одной из главных задач исследований является анализ составов потоков по: массовым долям навозов (пометов) (q_n), субстратов (q_c), шламов ($q_{ш}$), при температурах (T_t), влажностях (W_t), водородных показателях (pH_t) (диапазон – от 6 до 8).

В качестве общепринятых критериев контроля в информационно-измерительной системе (ИИС) ЛБГУ, рекомендуются [2, 4] к использованию датчики в соответствии со схемой (рис. 1). При этом основными требованиями, предъявляемыми к датчикам биогазовой установки, являлись: отсутствие коммутационных узлов, малое потребление энергии (порядка не более 0,9 Вт), инертность материалов, используемых при изготовлении датчиков [2].



Рис. 1. Блок-схема ИИС

Так как влажность навоза (помета) формируется как исходный параметр путём разбавления водой исходной массы, давление газа в реакторе не превышает 1 атмосферу, водородный показатель контролируется на входе и выходе подогревателя – выдерживателя и метантенка, то нами, в качестве основного регулирующего параметра в ЛБГУ, принималась температура.

Эти вопросы неразрывно связаны с оптимизацией энергопотребления с учетом требований энергосбережения.

При решении вопросов потребления энергии, для различных режимов работы [1], нами была определена оптимальная мощность ЛБГУ (рис. 2) электродвигателей и подогревателей, которая с учётом насоса и компрессора составила 3,4 кВт.

Эта мощность, согласно режимам работы БГУ [2], может потребляться циклично, либо непрерывно в различных часовых (минутных) интервалах работы и соответствующих им интервалах пауз (подогревателя-выдерживателя, реактора, измельчителя, насоса, компрессора) [4].

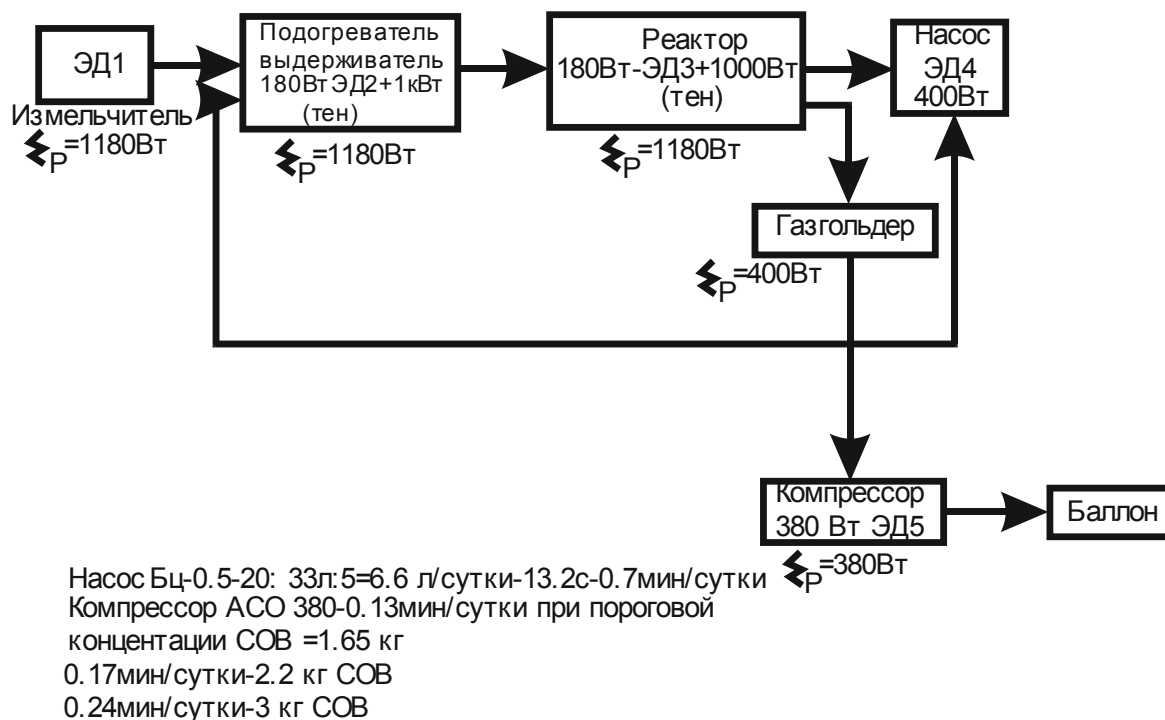


Рис. 2. Структурная схема приемников электрической энергии в ЛБГУ

Отмечается, что результаты проводимых экспериментов по влиянию интенсивности перемешивания на процесс метанового сбраживания не всегда дают убедительные результаты [3]. Однако большинство исследователей считает, что благодаря непрерывному или циклическому перемешиванию биомассы и одновременному ее нагреву через определенное время, устанавливается необходимая средняя температура T_{cp} биомассы. Это необходимо для стабилизации метаногенеза, создания высокотехнологичных автоматизированных установок и регулирования графиков электрических нагрузок.

В ЛБГУ это возможно при равенстве сигналов всех датчиков опорному сигналу. При этом электрическая схема в автоматическом режиме отключает питание электродвигателей и нагревателей биомассы [4].

Библиографический список

1. Саплин Л.А., Шерьязов С.К., Пташкина-Гирина О.С., Ильин Ю.П. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников. Челябинск: ЧГУ, 2000. 206 с.
2. Латола П. Механизмы образования биогаза // Биогаз-85. Москва-Хельсинки, 1985. С. 79-86, 220-228.
3. Hashimoto A.G. Effect of mixing duration and vacuum on methane production rate from beef cattle, waste // Biotechnol. Bioeng. 1982. Vol. 24. P. 9-23.
4. Ильин Ю.П., Ильин П.Ю., Котельников Д.В., Мезев А.С., Садиков Д.Р. Управление потоками и модернизация элементов ЛБГУ // Достижения науки – агропромышленному производству: Материалы I Международной науч.-техн. конф. Челябинск: ФГОУ ВПО «ЧГАА», 2011. Ч. V. С. 57-62.

3.

К МЕТОДИКЕ ВЫБОРА МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Шаринов Э.Х., Шелубаев М.В.

*Челябинская государственная агроинженерная академия
shared1990@mail.ru*

В настоящее время известны научные разработки по развитию методологии оценки экономической эффективности возобновляемых источников. Вместе с тем отсутствует единый подход, что наряду с высокой стоимостью оборудования для нетрадиционной энергетики является сдерживающим фактором широкомасштабного применения возобновляемых источников, в частности энергии ветрового потока.

Ветровая энергия относится к особой группе источников, поскольку участвуют в решении проблем не только энергетического, но и экологического характера. В связи с этим большое научное и практическое значение приобретают методы исследования эффективности применения этих источников [1].

Анализ основных технических характеристик выпускаемых ВЭУ малой и средней мощности показывает, что для выработки качественной электроэнергии используются быстроходные ВЭУ с расчётной скоростью ветра 9-12 м/с. Использование быстроходных ВЭУ объясняется их преимуществом, а именно работой их в широком диапазоне скоростей ветра.

По статистическим данным скорости ветра, Челябинская область делится на четыре ветровых района [2, 3]. Согласно [2], для каждого ветроэнергетического района существует оптимальная рабочая скорость ВЭУ, при которой ожидается максимальная выработка качественной электроэнергии. Так, для I района данная скорость составляет 13 м/с, для II – 8 м/с, для III – 7 м/с, а для IV – 5 м/с.

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что первый ветровой район (открытые вершины Уральских гор) подходит для применения существующих быстроходных ВЭУ. Применение их во второй и третьей ветровых зонах является менее эффективным, вследствие низкого поступления ветрового потока и недоиспользования установленной мощности генератора. Для эффективного использования энергии ветра в этих зонах следует выбрать ветроустановку с меньшей мощностью, что позволит снизить и капиталовложения.

Рекомендуемая мощность генератора ВЭУ для каждой ветровой зоны в зависимости от диаметра ветроколеса и заданной рабочей скорости ветра определяется как [4]

$$P = \frac{\delta V_p^3 p(V_p) (\pi * D^2)}{4}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где P – рекомендуемая мощность генератора при различном диаметре ветроколеса; $\delta = 2 \cdot 10^{-4}$; $p(V_p)$ – вероятность поступления скорости ветра выше рабочей; D – диаметр ветроколеса, м.

Результаты расчета рекомендуемой мощности генератора, в зависимости от диаметра ветроколеса, для рассматриваемых районов приведены на рис. 1.

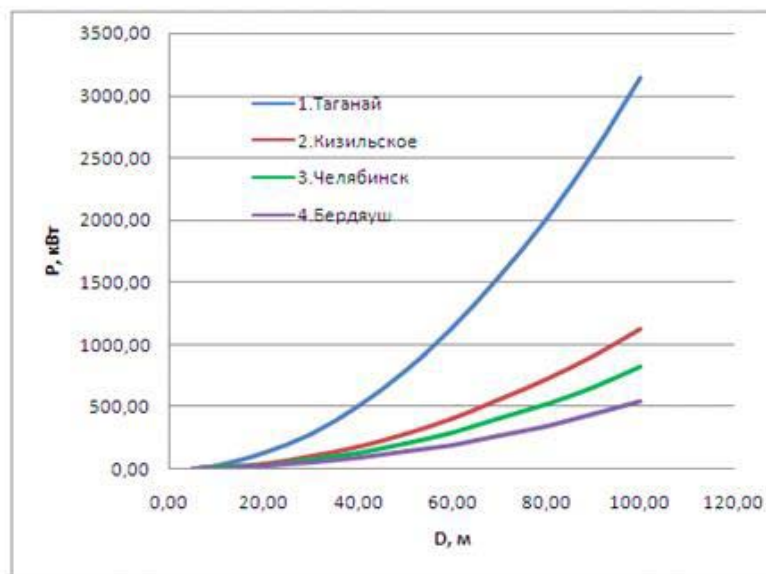


Рис. 1. Зависимость рекомендуемой мощности ВЭУ от диаметра ветроколеса на различных ветроэнергетических районах Челябинской области

Анализ приведенных данных показывает, что рекомендуемая мощность генератора ВЭУ колеблется в больших пределах, особенно в 1-м районе. Из графика видно, что при диаметре ветроколеса 100 м рекомендуемая мощность генератора для 1-го района составляет 3141 кВт, для 2-го – 1130 кВт, для 3-го – 819 кВт, для 4-го ветроэнергетического района – 543 кВт. Для 1-го ветроэнергетического района, где $V_p = 12$ м/с, рекомендуются генераторы мегаваттного класса.

Возможное количество вырабатываемой энергии зависит от ресурса энергии ветра и режима работы ВЭУ. Долю качественной энергии, вырабатываемой с удельной ометаемой площади ВЭУ, можно определить по выражению:

$$W_{\text{КАЧ}} = \frac{W_{\text{КАЧ.УД}}}{W_{\text{УД}}} = \frac{v_p^3 \int_{v_p}^{v_{\text{max}}} t_{\text{эв}} dv}{\int_{v_{\text{min}}}^{v_p} v^3 t_{\text{эв}} dv + v_p^3 \int_{v_p}^{v_{\text{max}}} t_{\text{эв}} dv} \quad (2)$$

где $W_{\text{КАЧ.УД}}$ и $W_{\text{УД}}$ – количество качественной электроэнергии и общей, вырабатываемой энергии с удельной площади ветроколеса, Вт·ч/м².

Зависимость вырабатываемой качественной электроэнергии от диаметра ветроколеса в различных ветроэнергетических районах Челябинской области приведена на рис. 2.

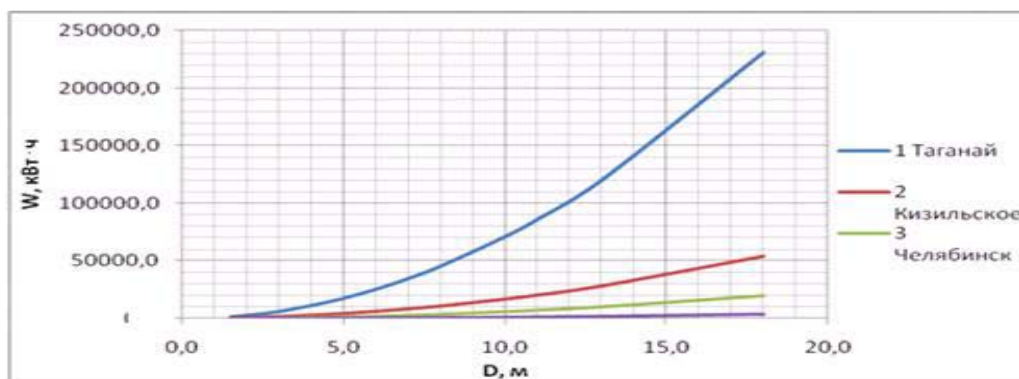


Рис. 2. Зависимость вырабатываемой качественной электроэнергии от диаметра ветроколеса при различных ветроэнергетических районах

Анализ данных показывает, что доля вырабатываемой качественной электроэнергии для 1-го района составляет 20 тыс. кВт·ч при диаметре ветроколеса 5 м, 70 тыс. кВт·ч – при 10 м, и 160 тыс. кВт·ч – при 15 м. Выбор мощности генератора, согласно месту установки ВЭУ, позволит снизить капиталовложения и тем самым уменьшить себестоимость вырабатываемой электрической энергии.

Библиографический список

1. Энергия ветра [Электронный ресурс]: URL: http://www.worldenergy.ru/doc_24_21_3151.html
2. Шерьязов С.К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей: Монография. Челябинск: ЧГАУ, 2008. 301 с.
3. Саплин Л.А., Шерьязов С.К., Пташкина-Гирина О.С. и др. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников: Учебное пособие для вузов. Челябинск: ЧГАУ, 2000. 203 с.
4. Ветроэнергетика / Под ред. Д. де Рензо. М.: Энергоатомиздат, 1982. 272 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЧЕЛОВЕКА. ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА.

*Ялаева Ю.А., Ануфриева Е.И.
УрФУ elenanufrieva@rambler.ru*

Влияние цвета на эмоциональное и физическое состояние человека давно является предметом пристального изучения ученых и психологов. Установлено, что цвет оказывает существенное влияние на психику, эмоции и самочувствие человека.

В Европе научное исследование лечебного эффекта цветового воздействия началось в середине XIX века, и связано оно с именами французских медиков Пото, Жуара, Позга и Плезантона. Их работы привлекли внимание европейских врачей самых различных специальностей. С тех пор цветолечение прочно вошло в медицинскую практику. В начале 30-х гг. XX в. терапевтический эффект, который оказывают на организм различные цвета, был описан индийским ученым Д.Р. Гхадиали. По его мнению, органы и системы тела чувствительны к определенным цветам, которые стимулируют или замедляют их действие. Зная это, можно использовать различные цвета с лечебной целью. Позднее, в середине 50-х годов, швейцарский психолог Макс Люшер составил оригинальный цветовой тест. Впоследствии его опробовали на сотнях тысяч людей, благодаря чему учёный приобрёл мировую известность. Исследования, проведённые Люшером и другими учёными, показали: цвета способны изменять некоторые параметры состояния человека. Например, оранжево-красный цвет увеличивает частоту пульса, дыхания, давление крови и в целом действует возбуждающе. Тёмно-синий цвет, напротив, приносит успокоение [1].

Многие ученые считают, что цветотерапия является одним из самых перспективных, надежных и при этом совершенно безопасных методов лечения и оздоровления. Нервные клетки от рождения имеют вибрацию с определенной длиной волны. При различных патологических состояниях вибрация клетки меняется. В цветотерапии по принципу резонанса клетке навязывается здоровая, нужная вибрация. Лечебное воздействие цвета связано, вероятно, с подбором необходимой вибрации, то есть влиянием электромагнитных волн определенной длины на наши органы, причем действие разных цветов может оказывать специфическое влияние при различных заболеваниях.

В данной работе мы попытались исследовать методом ГРВ (газо-разрядной визуализации) влияние семи основных цветов спектра на состояние энергетических ресурсов человека. Метод ГРВ является на сегодня единственным инструментальным методом, позволяющим на физическом и энерго-информационном уровнях оценить состояние не отдельного органа или системы, а всего организма в целом во взаимоотношении отдельных частей друг с другом. Метод ГРВ – это компьютерная регистрация и анализ свечений, индуцированных объектами, в том числе и биологическими, при стимуляции их электромагнитным полем с усилением в газовом разряде. Параметры газоразрядного изображения зависят от свойств исследуемого объекта и, таким образом, анализируя характер свече-

ния индуцированного объектами, появляется возможность судить об энергетическом состоянии объекта в конкретный момент [2].

Прибор ГРВ Камера, на котором проводились исследования, позволяет наблюдать, регистрировать и вносить в компьютер для последующей обработки свечение любого объекта. ГРВ-граммы объектов регистрируются в настоящем моменте времени при помощи оригинальной запатентованной оптической системы и камеры [3]. Основным источником формирования изображения – это газовый разряд вблизи поверхности исследуемого объекта, помещенного в электромагнитное поле высокой напряженности. Для идентификации метода графической регистрации был введен термин ГРВ-графия, а для описания самого изображения – ГРВ-граммы (по аналогии с широко используемыми терминами энцефалограмма, кардиограмма и т. п.).

Эксперимент на приборе ГРВ-Камера проводили следующим образом: 1) Снимали исходные излучения пальцев рук испытуемого без фильтра и с фильтром; 2) Испытуемый в течение минуты смотрел на картон, окрашенный в определенный цвет, после чего снова снимали излучения пальцев рук. Количество испытуемых – 4 человека. Для проведения экспериментов использовали следующие цвета: зеленый, красный, желтый, фиолетовый, черный, белый, синий. Так же использовали картины различных пейзажей с однотонной гаммой цвета, например, белая зима или зеленая трава и т. д.

Полученные результаты показали, что цвет изменяет, в основном, психоэмоциональное или психическое состояние испытуемого, что непосредственно связано с его энергетическим потенциалом и на ГРВ-снимках отражается в изменении площади свечения, его интенсивности и характере распределения энергетического поля вокруг контура тела человека. Цвет может влиять благотворно (при этом усиливается яркость и увеличивается площадь свечения) и негативно. Интересно, что в 70 % экспериментах благоприятное влияние цвета на энергетику человека совпадало с его субъективными ощущениями и предпочтением данного цвета в одежде.

Таким образом, метод ГРВ позволяет приборно зафиксировать и математически обработать изменения в энергетическом поле при различных внешних влияниях и может быть использован при изучении воздействия цвета на энергетические ресурсы человека.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.colorhome.ru>
2. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.medeo.ru>
3. Коротков К.Г. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2001, 360 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

Данилов Н.И. Энергосбережение – поле деятельности молодежи.....	5
Балдин В.Ю., Селезнева И.С., Герасимова Е.С. Основные итоги Всероссийской студенческой олимпиады (III тур) «Энерго- и ресурсосбережение», научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых и выставки научно-технического творчества молодежи «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» 2010 года.....	7
Ануфриева Ю.В., Ануфриев В.П. Энергоэффективность – база низкоуглеродной экономики.....	17
Архипова И. Г., Бадретдинова Р. Р., Диденко Е.С., Давлетова Л. Р., Ильясова Л. Н., Вахитова Р. И. Пеллетные котлы – альтернатива котлам на газовом топливе.....	19
Афанасьев К.Ю., Молодежникова Л.И. Бестопливный вариант использования детандер-генераторного агрегата на газопроводе.....	20
Баев В.Р., Суворов Д.М. Об энергетической целесообразности использования абсорбционных тепловых насосов для теплоснабжения.....	22
Бадретдинова Р.Р., Осипова Д.Н. О возможности когенерации в водогрейных котельных с использованием хладагента в качестве рабочего тела.....	25
Баландин С.Ю., Чертовиков А.В., Лопатин И.Е., Шипицын В.В. Двухчастотное преобразовательное устройство для индукционного нагрева.....	26
Балдин В.Ю., Белоусова О.А., Усова Г.И. Выполнение домашнего задания по дисциплине «Основы энергосбережения» как средство ознакомления с методикой разработки энергетического паспорта.....	29
Балдина Е.В., Котляревская И.В. Оптимизация холдинговой структуры в сетевом взаимодействии.....	32
Балдина Н.В. Современный подход к KNOWLEDGE ECONOMY.....	36
Белоусов Д.А., Мартынов Е.В., Салимгареев Д.Д., Пирумян Н.М. Аналоговая и цифровая электроника.....	38
Беляков А.А., Семенов В.К. Вариант определения количества повреждений на трубопроводах ТЭС И АЭС.....	41
Бикбулатов С.Р., Коняева М.А. Формирование рейтинга энергоэффективности муниципальных образований Свердловской области за 2010 год и сравнительный анализ с базовым периодом.....	42
Бульчева О. П., Бойкова О. А. Автоматизированный расчет надежности электрооборудования электроэнергетических систем.....	45
Бунькова Е.А., Худяков П.Ю., Жилкин Б. П., Шевелев М.М., Ефимова А.В., Михалёв А.В., Плесьяев Е.А. Система мониторинга тепловых процессов в ограждающих конструкциях здания.....	47
Бушуев А.Н., Картавцев С.В. Резерв энергосбережения энергетического комплекса «энергисточник – электросталеплавильное производство».....	50
Вавилов В.Е., Охотников М.В., Дуракова В.С. Автоматизированный анализ дисбаланса электромагнитных сил в магнитных подшипниках с учетом технологических и эксплуатационных параметров.....	53

Васильева Н. А., Варфоломеева О. И., Хворенков Д. А., Попов Д. Н. Численное исследование неизотермических течений жидкостей с переменными реологическими свойствами в трубопроводах.....	55
Ведерников С.А., Мызин А.Л. Учет показателей энергосбережения и энергоэффективности при расчете и прогнозировании развития ситуации по энергетической безопасности в энергетической стратегии региона.....	58
Ветошкина М.В., Хворенков Д.А., Варфоломеева О.И., Шутков В.С. К вопросу о регулировании температуры уходящих газов котельных установок.....	60
Вольман М.А., Чусов А.О. Моделирование кинетики реактора.....	63
Воронов Г.В., Поляков Е.В. К вопросу энергосбережения в современной дуговой сталеплавильной печи.....	65
Гайсин Р.А., Вавилов В.Е., Охотников М.В. Оборудование для исследовательских испытаний вентильных двигателей.....	67
Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И. К выбору конструкции вентильного двигателя кабины лифта.....	70
Гайфутдинов А.Р., Денисенко В.И. Технико-экономическая оценка применения вентильного индукторного двигателя кабины лифта.....	73
Гарифуллина Е.Р., Костарева Е.И., Кульшик О.Н., Мусихина О.В., Утробина В.С., Лобунец О.Д. Разработка руководства для экспериментального исследования элементов и узлов электронных устройств.....	75
Горбунова А.М. Применение виброкипящего слоя для интенсификации внешнего массообмена (мас- соотдачи) в процессах теплотехнологии.....	76
Гордеев С.И., Рыжков А.Ф. Структурный анализ ПГУ-Т.....	80
Горелов М.В., Яковлев И.В., Глазов В.С. Расчетно-экспериментальный метод определения тепловых потерь через светопрозрачные ограждения с применением тепловизионной техники.....	83
Гумирова А.Р., Останин Н.И., Рудой В.М., Ярославцева О.В., Мещерягин П.В. Александров С.В., ОАО «Первоуральский новотрубный завод» Изучение стойкости против локальной коррозии экономнолегированных сталей.....	86
Давлетшина И. Р. Энергофинансовое планирование в бюджетной сфере.....	88
Давыдов К.И., Елистратов В.В. Энергетические испытания модельных гидротурбин.....	90
Дёмин Ю.К., Картавцев С.В. Исследование энергоэффективности системы промежуточного охлаждения при производстве сжатого воздуха.....	93
Джаманалин Б.К., Грицук С.А. Топливо-энергетический комплекс Казахстана.....	95
Джаманалин Б.К., Грицук С.А., Развитие электроэнергетики Республики Казахстан.....	98
Дремина С.С., Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Анализ возможных вариантов использования теплового насоса для энергоэффективного дома.....	100
Земсков П.Д., Дубаев А.В., Трубицын К.В. Моделирование теплосетей.....	102
Змеева А.В., Абаимов Н.А., Павловская Н.А., Богатова Т.Ф. Экологически чистое производство энергии на базе технологии газификации твердого топлива с захватом и хранением углерода.....	106
Зубов Д.И., Суворов Д.М. Оценка точности метода расчёта энергетического эффекта от теплофикации.....	109

Ивакина С.А., Абдуллин Р.Р., Муниц В.А. Парогазовая установка на базе газовой турбины линейно-производственного управления магистральных трубопроводов.....	111
Иконников И.С., Тупоногов В.Г. Методика поверочного расчета конструктивных параметров газораспределительной решетки.....	113
Илышева О.В., Казанцев Р.О., Коняев И.А. Оценка возможностей улучшения характеристик опытного электродинамического сепаратора на основе линейных индукторов.....	117
Исаков Ю.В., Готовко В.И., Дубровский В.А., Потапов И.И., Широков В.Н. Дробление угля в электрогидравлической дробилке для получения водоугольного топлива.....	119
Казакбаев В.М. Использование метода конечных разностей при расчете цепей с распределенными параметрами.....	122
Камагорцева У.В. Энергетические агрегаты на базе паровых турбин малой мощности.....	124
Карпова О.А., Горбунов В.А. Исследование газовой горелки фирмы «DE DIETRICH».....	125
Касимов Р. З., Попов Д. Н., Диденко В. Н. Математическое моделирование конвективного теплообмена в расплавленной части теплоаккумулирующего материала.....	127
Кастуганов О.Б., Мансуров Р. Ш. Энергосбережение в системах обеспечения микроклимата.....	130
Колбин М.А., Мусин Р.Г., Дергачев Д.С., Вахитова Р.И. О возможности применения каскадных котельных.....	133
Курбанова С.И., Ременюк А.В., Никулина А.Ю., Осипов П.В. Применение метода ТГА для изучения конверсии твердого топлива.....	135
Кучеренко М.Н., Сизенко О.А. Энергоэффективность комбинированной системы вентиляции в жилых зданиях.....	143
Лукина Е.В., Павлович О.Н., Белоусова О.А. Выбор основного теплообменного оборудования для установки каталитического риформинга.....	145
Майоров А.В., Носков И.В., Пакулина Н.М., Плетнев С.К., Лобунец О.Д. Разработка руководства для экспериментального исследования электрических цепей и устройств.....	146
Малоземова О.Ю. Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии: законодательные требования и перспективные направления в энергетике.....	148
Марварова И.В., Захаров С.А. Энергосбережение в жилище – гарантия здоровья человека.....	150
Масликов П.А., Демидович В.Б., Наке Б. Исследование энергоэффективных индукционных технологий обработки титановых сплавов.....	153
Матвеев С.В., Дёмин Ю.К., Картавцев С.В. Исследование возможности утилизации теплоты жидкой стали.....	155
Михайлова В.А., Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Стерхов В.А., Хворенков Д. А. Оптимизация процессов теплообмена в газовой тепловой пушке.....	157
Мракин А.Н., Николаев Ю.Е. Экономическое обоснование предельной дальности транспорта синтез-газа от энерготехнологических установок.....	160
Мухамадеева Л.Т., Осипова Д.Н. О преимуществах конденсационных котлов.....	163
Мухаметзянов Ш.Р., Сафин Р.Р. Применение тепловых насосов в вакуум-осциллирующей сушке древесины.....	164
Неволин А.М., Плотников П.Н. Модернизация конструкции аппарата воздушного охлаждения масла.....	166

Нелюбин И.С., Демин А.С., Бартоломей П.И., Котов О.М. Методика оценки структурной надежности в задачах эксплуатации и управления развитием электрических сетей.....	169
Николенко А.Н., Горбунов В.А. Моделирование работы эвольвентных форсунок скруббера в программном комплексе ANSYS.....	171
Носков И.Ю. Энергосбережение центров обработки данных (ЦОД).....	173
Оглезнев А.Ю., Соломеина С.А., Шепелева С.К., Михайлова Н.А. Исследование влияния добавок на технологические свойства масс для производства глиняного строительного кирпича.....	175
Орлов А.С., Старостин И.И., Трубицын К.В. Повышение энергетической эффективности муниципалитета (на примере городского округа Новокуйбышевск Самарской области).....	176
Павлова А.В., Паниковская Т.Ю. Поведение потребителей на оптовом рынке электроэнергии.....	178
Петрышев А.Ю. Способы снижения расхода электроэнергии на обжиговой машине № 4 Качканарского ГОКа.....	181
Печёнкин А.Ю., Смирнов Л.Н. Новые строительные материалы и энергосбережение: прозрачный бетон.....	183
Пешкова А.А., Рукавишников И.В. Правовое регулирование в сфере энергосбережения.....	184
Пономарева А.В., Данилов В.Л., Пономарев В.Б. Пневмосепарация сыпучих материалов в замкнутом контуре.....	187
Попов А.В., Рудой В.М., Желобецкий В.А., Останин Н.И. Повышение эффективности работы анодных заземлителей.....	189
Постникова А.Ю., Хаит А.В. УрФУ СтФ Численные исследования вихревой трубы Ранка-Хилша.....	193
Праслова Е.А. Исследование проблемы энергосбережения при работе дуговых сталеплавильных печей.....	196
Примаков О.Н., Захарова И.Ю., Земляной К.Г. Изменение реологических свойств глин с помощью высокотехнологичных добавок....	197
Пурдин М.С., Хомченко Н. В. Анализ влияния типа тепловой изоляции на тепловые потери через ограждающие конструкции.....	199
Ратникова М.И., Зиганшин А.М. Численное исследование конвекции у вертикальных поверхностей.....	202
Риянов Л.Н. Генератор колебательного движения с тремя степенями свободы подвижного элемента.....	204
Ртищева А.С. Моделирование режимов суточного и недельного регулирования теплотребления главного корпуса УлГТУ.....	206
Ртищева А.С. Моделирование тепловых режимов здания главного корпуса УлГТУ в условиях применения системы вентиляции, регулируемой по потребности.....	209
Русинова Е.О., Турлова О.В. Улучшение реологических свойств керамических шликеров при введении добавок нового поколения.....	212
Рябченко Р.А., Иванова А.В. Керамический строительный кирпич на основе глин, содержащих карбонаты.....	213
Савченко О.В., Крашенина Д.И., Самойлов А.А. Разработка руководства для экспериментального исследования микропроцессорных устройств, аналогоцифровых и цифроаналоговых преобразователей.....	213

Самойленко В.О., Паздерин А.В. Математический метод контроля достоверности измерительной информации о потоках энергетических ресурсов на основе теории оценивания состояния.....	214
Самodelкин С.И., Краснова Н.П. Применение ошпированных поверхностей в теплообменных аппаратах.....	217
Сарбасов А.Ж., Велькин В.И. Термографическое экспресс-обследование изоляторов электроцеха УрФУ.....	218
Семьнина Е.А., Попов А.В. Энергосбережение в бюджетных организациях.....	220
Серкова Е.В., Завьялов А.С., Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Велькин В.И. Замена люминесцентного освещения на светодиодное с использованием солнечных фотоэлектрических преобразователей в 8 учебном корпусе УрФУ.....	223
Смирнов А.А., Голощумова В.Н. Моделирование температурного поля ротора для контроля пусковых режимов работы паровых турбин.....	225
Столяров С.В. Повышение энергетической эффективности водогрейных котлов.....	227
Тарарыков А.В., Горячева Е.М. Математическое моделирование периода прогрева в процессе сушки.....	229
Тарханова М.А., Микула В.А., Левин Е.И. Анализ возможности отказа от мазута на тепловых электрических станциях и котельных.....	231
Трофимова Т.В., Федотова В.С. Отопление промышленных объектов на базе индукционных котлов.....	233
Трофимова Т.В., Федотова В.С., Абрамова Э.В. Пенополимерминеральная изоляция ППМИ – долговечность труб.....	235
Трубицын К.В., Ткачев В.К. Кадровый дефицит в энергетике: влияние на инновационное развитие отрасли.....	236
Устинов К.В., Осколков С.В. Разработка режимов работы паровых аккумуляторов в системах утилизации пара ОКГ паровыми турбинами.....	242
Филипенко А.А., Попов А.И. Эффективность работы в потоке лопастного ротора.....	244
Фролова Н.В., Муранова М.М. Различные виды теплоизоляции, используемые для снижения тепловых потерь при транспортировке тепловой энергии.....	247
Цыганкова Ю.С. Энергоэффективность системы транспорта тепловой энергии.....	249
Чернова М.В., Варфоломеева О. И., Хворенков Д. А., Попов Д. Н. Численное исследование тепловых режимов мазутопроводов с целью снижения энергозатрат.....	252
Чечушков Д.А., Паниковская Т. Ю. Анализ качества электрической энергии и энергоэффективности объектов распределенной генерации.....	255
Чистяков К. А., Белоусова О. А., Павлович О. Н. Расчет тепловых потоков в реакторе гидрокрекинга с применением катализатора в виде наночастиц.....	258
Шабалин Г.С. Влияние применения программного комплекса RUSTAB на энергосбережение в сетях с распределенной генерацией.....	261
Шведов С. В., Гнездов Е.Н. Стабилизация теплового режима работы автономного регистратора, работающего в туннельной печи для обжига керамических изделий.....	263
Щербинин К.А., Ивакина С.А., Бородин В.С, Муниц Ю.Г., Муниц В.А. Оценочный расчет тепловых потерь и анализ удельных характеристик жилых зданий.	264
Шестаков Д.С., Жилкин Б.П., Плотников Л.В. Повышение энергоэффективности поршневых ДВС за счет совершенствования их рабочего процесса.....	268

Ширяев А.С., Плетнёва Л.В., Бартоломей П.И.	
Эффективность размыкания замкнутых электрических сетей.....	271
Шумилова А.А., Михайлишин Е.В., Ширяева Н.П.	
Снижение затрат тепловой энергии в системе отопления в осенне-весенний период....	274
Шутов В. С., Хворенков Д. А., Варфоломеева О. И.	
Особенности применения инженерной методики расчета температурных полей дымовых труб.....	275

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Абзалов Р.Х.	
Получение синтетического карналлита из хлормagneйного щелока и отработанного магневого электролита.....	279
Андронникова М.С., Султанова А.И., Вахитова Р.И.	
Возможности использования стеклофаолита в теплоэнергетике.....	280
Аникин А.К., Remy Gard	
Зеленая химия – перспективное направление в области энерго- и ресурсосбережения. Опыт региона Пикардия.....	282
Афанасьев К.Ю., Молодежникова Л.И.	
Вариант применения аппарата погружного горения для концентрирования стоков электрообессоливающих установок.....	284
Ахмадышина В.Р., Сайдали А.А., Толкачева Л. Е.	
Ресурсосберегающая технология получения сульфата натрия в ЗАО «Русский хром 1915».....	286
Ашуров О.Т., Баклюк М.В., Гашкова В.И.	
Исследование процесса термического разложения фосфогипса с целью получения вяжущего материала.....	287
Баклюк М.В., Ашуров О.Т. Гашкова В.И.	
Исследование возможности замены природного гипса фосфогипсом при получении вяжущего.....	290
Бондаренко Е.А., Валенцева Т.А., Аксенов В.И., Ничкова И.И.	
Переход на замкнутые системы водоснабжения – основной путь экономии воды в промышленности.....	293
Бондаренко Е.А.	
Проблемы водного хозяйства горно-обогатительных комбинатов.....	295
Бухаринова М.Н., Кориневская Е.В., Катышев С.Ф., Теслюк Л.М.	
Производство бихромата аммония.....	296
Васькова Е.О., Матюхин В.И.	
Способ утилизации ваграночных газов.....	298
Гаврилюк М.Н., Семериков И.С.	
Термодинамическое изучение реакций клинкерообразования.....	299
Гаева Н.М., Межевова Е.А., Останин Н.И.	
Исследование влияния концентрации тиомочевины и желатина на электрохимическое поведение меди методом импедансной спектроскопии.....	302
Голубева А.С., Магарил Е.Р.	
Снижение эмиссии CO ₂ автотранспортом как ресурсосберегающий фактор.....	304
Данилова Р.В., Валиев Ф.Г., Сафин Р.Р.	
Способ улучшения эксплуатационных свойств древесно-полимерного композиционного материала.....	307
Десятых Е.А., Десятых Т.О.	
Разработка программного обеспечения для расчета оптимального состава шихты в доменной плавке.....	310
Долматова Ю.А., Долматова М.О., Замураев А.Е., Ермаков А.А.	
Исследование процесса сушки конверсионного карбоната кальция в циклоне.....	312
Залесова О.Л., Рудой В.М., Соловьев А.С.	
Изучение влияния объемной концентрации пигмента на структурные свойства эпоксидного покрытия методом импедансной спектроскопии.....	314
Земцова Ю.А., Кирсанов Ю.Г.	
Получение нефтяных связующих для производства углеграфитовых материалов.....	317

Койтеева М.Г., Карпова Т.С., Герасимова Е.С., Владимирова Е.В., Васильев В.Г. Производство серных бетонов и утилизация промышленных отходов.....	319
Кочнева А.А., Новоселова М.С., Уфимцев В.М. Сульфатная активация шлаков дуговых электропечей.....	321
Кудренко А.С., Альбаева И.И., Феськова М.Ю., Власова С.Г. Утеплитель на основе отходов стекольной промышленности.....	325
Липатова К.С., Фасхутдинова Г.Р., Вахитова Р.И. Особенности применения гидромагнитных аппаратов в системе водоподготовки.....	327
Лукиянова Е.А., Лазуткина О.Р. Применение стекломалевых покрытий для снижения потерь металла и повышения энергоэффективности при горячей прокатке стали.....	329
Максимов А.А., Агапитов Е.Б. Пути минимизации расходов материалов и энергоносителей в технологии конвертерного производства на примере ОАО «ММК».....	332
Мифтахова Ю.А., Петрова Н.А. Глубокая очистка сточных вод пивоваренной промышленности.....	334
Московских Н.Н., Земляной К.Г. Получение сверхтекучих форстеритовых шликеров с использованием новых комплексных добавок.....	336
Патрушев А.В., Даринцева А.Б., Мурашова И.Б., Останина Т.Н. Электроосаждение дисперсного осадка цинка и никеля при гальваностатическом электролизе.....	338
Рычкова Ю.А. Утилизация тепла дымовых газов как метод ресурсосбережения на предприятиях теплоэнергетики.....	341
Соколовская Е.Е., Мухамадеев Ф.Ф. Напряжение на ванне электролиза медного порошка как фактор мониторинга качества дендритного осадка.....	344
Солодовникова Е.С., Павлович О.Н. Моделирование комплексной схемы разделения антраценовой фракции каменноугольной смолы.....	346
Стадольникова И.С., Павлович О.Н., Белоусова О.А. Повышение эффективности очистки сточных вод.....	348
Суворова Е.Д., Правдин Б.А. Ресурсосберегающая технология переработки шлаковых отвалов предприятий цветной металлургии с последующей кадастровой оценкой освобожденных земель....	350
Сумина Е.А., Дерябин В.А., Фарафонтова Е.П., Парамонова О.Л. Снижение расхода карбоната натрия при варке стекла за счет совершенствования технологии приготовления шихты.....	353
Фазлутдинов К.К. Проблемы экологии и ресурсосбережения в гальваническом производстве России.....	355
Фурманенко Д.Е., Толстова Ю.И. Экономическая эффективность использования вторичных энергоресурсов предприятий.....	357
Хохлун Н.Л. Железооксидный пигмент на основе отходов магниевых производств.....	360
Чипуштанова А.М., Власова С.Г. Получение минеральной ваты на основе местного кварцсодержащего сырья и отходов медеплавильного производства.....	361
Чистяков К. А., Белоусова О. А., Павлович О. Н. Увеличение глубины переработки нефти применением технологии гидрокрекинга в суспендированной фазе на ЗАО «Антипинский НПЗ».....	363
Чистякова Е.К., Сумина Е.А., Фролова М.М., Власова С.Г. Низкоэнергоемкий способ изготовления художественных изделий из стекла.....	366
Шакирова А. Н., Коснырев Г. Т. Анализ материальных потерь и способы их снижения в производстве бихромата калия.....	368

Шамова К.В., Дубровина О. Б.	
Очистные сооружения канализации поселка Каргополье.....	369
Шопперт Н.В., Колесникова, М.П. Никоненко Е.А.	
О снижении энергетических затрат при получении эгирина гидротермальным способом.....	372
Шуров А.С., Доманская И.К.	
Разработка состава сухой облицовочной смеси, содержащей шлак медеплавильного производства.....	374
Щукина Н.С., Мангилева Н.А., Карпова Т.С., Владимирова Е.В., Васильев В.Г.	
Получение ультрадисперсных порошков и пленок металлов 3d ряда.....	377
НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА	
Бадретдинова Р.Р., Ильясова Л.Н., Диденко Е.С., Архипова И.Г., Давлетова Л.Р., Вахитова Р.И.	
Реконструкция системы теплоснабжения МАОУ ДОД «Детско-юношеская спортивная школа по конному спорту АМР РТ».....	379
Балтина Е.А., Волкова М.В.	
Разработка способа получения биогаза.....	380
Барабанова Ю.А., Овчинников Р.Н., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.	
SWOT-анализ перспективности использования ТБО как энерго- и ресурсосберегающего компонента.....	383
Белюсов Д.А., Мартынов Е.В., Салимгареев Д.Д., Пирумян Н.М.	
Солнечные элементы.....	387
Биенко Е.П.	
Светодиодные источники света: плохо или хорошо?.....	390
Бойкачев Е.Д., Титова Н.С., Щеклеин С.Е.	
Исследование характеристик прямого этанольного топливного элемента (ПЭТЭ).....	396
Вальцев Н.В., Рыжков А.Ф.	
К разработке поточного газификатора на высокорекреационном твердом топливе.....	399
Велькин В.И., Щеклеин С.Е.	
Атомная энергетика и возобновляемые источники энергии – фундамент энергетической безопасности будущего.....	402
Гайсин Б.М.	
Спасательный жилет с электромеханическим преобразователем энергии волн.....	406
Гладилов И.А. Арбузова Е. В., Щеклеин С. Е.	
Экспериментальное исследование влияния размеров частиц субстрата на глубину разложения органического вещества отходов КРС.....	407
Гладилов И.А. Арбузова Е. В., Щеклеин С. Е.	
Оценка эксергетической эффективности биогазовой технологии.....	410
Гладких М.А.	
Термохимическая регенерация теплоты путём конверсии этанола.....	413
Горбунова А.А., Нараева Р.Р.	
Комплексное использование энергии биомассы и ветра.....	415
Горбунова А.А., Пташкина-Гирина О.С.	
Перспективы восстановления Зюраткульской ГЭС.....	416
Дагаев А.В., Попов А.И., Щеклеин С.Е.	
Низконапорная МГЭС.....	419
Данилов В.Ю., Щеклеин С.Е., Попов А.И.	
Преобразователь энергии потока.....	421
Диденко Е. С., Архипова И.Г.Абрамова Э.В.	
Газовые микротурбинные установки – инновационные энергосберегающие технологии альтернативной энергетики.....	424
Димитриев О.Г.	
Энергоэффективный дом.....	425
Завьялов А.С., Велькин В.И.	
Разработка конструкции механического гелиотропа для повышения производительности ФЭП.....	426

Завьялов А.С., Велькин В.И. Исследование возможности подзарядки АКБ от искусственного освещения ФЭП в ночное время.....	428
Завьялов А.С., Серкова Е.В., Велькин В.И., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е. Исследование эффективности солнечных ФЭП при освещении учебного корпуса УралЭНИН с использованием LED-светильников.....	430
Киричев А. В., Кирпичникова И.М. Разработка демонстрационной модели солнечного концентратора.....	433
Колбин М.А., Мусин Р.Г., Дергачев Д.С., Вахитова Р.И. Комбинированные котлы, работающие на энергии ветра.....	436
Коробков Д.С., Сидоренков В.А. Способы повышения точности измерительных комплексов.....	438
Коровин К.А., Токов А.Ю. Оценка остаточного ресурса трубопроводов Ленинградской АЭС.....	439
Крымов Б.С., Полихач Е.А. Экспериментальное исследование рюкзака-генератора.....	441
Летуновский Г. П. Энергоэффективный дом.....	443
Макарова Д.Н., Валитова Э.Ф., Волкова М.В. Биотехнология утилизации промышленных газов и получения топлива.....	445
Мальцева А.В., Савина Е.С., Горбунов А.В., Гревцев Н.В. Необходимость создания инновационной экологически безопасной ресурсосберегающей технологии добычи торфа.....	448
Михолап М.А., Комкова М.Г., Толстова Ю.И. Экономические проблемы производства солнечных батарей в США.....	451
Муратов Е.В. Использование низкопотенциальной энергии озер Челябинской области в системах отопления.....	453
Мухатова Р.Т., Сычева М.М, Картавцев С.В. Оценка возможностей возобновляемых энергоресурсов для г. Магнитогорска.....	454
Попова Д.В., Попов А.И., Щеклеин С.Е. Бесплотинная шнековая гидроэлектростанция.....	456
Рахматулин И.Р. Использование возобновляемых источников энергии для очистки воды.....	458
Рябухов А.Ю., Лоцилов Н.А. Получение дополнительной пиковой мощности на АЭС С ВВЭР–1000 с использованием водорода.....	460
Савельев. В.Н., Попов А.И. ВЭУ для низкопотенциальных энергетических потоков.....	462
Савина Е.С., Мальцева А.В., Горбунов А.В., Гревцев Н.В. Перспективы расширения использования в региональной энергетике торфяных ресурсов.....	465
Салимгареев Д.Д., Белоусов Д.А., Мартынов Е.В., Пирумян Н.М. Водородное топливо.....	467
Семёнов А.Ю., Шерьязов С.К. Особенности использования солнечной энергии в системе нагрева двигателя Стирлинга.....	469
Сидаков И.Ф. Вихревой эффект в мезомасштабных турбулентных процессах.....	471
Смыкало А.Ю. Обоснование работы энергоблока АЭС С ВВЭР-1000 в режиме форсирования мощности.....	472
Соловьёва В.В., Строева А.Ю., Кузьмин А.В., Горелов В.П., Зайков Ю.П. Исследование электропроводности твердого электролита $\text{HFO}_2 + 10 \text{ мол } \% \text{ Y}_2\text{O}_3$ в поли- и монокристаллическом состоянии методом импеданса.....	474
Спиридонова Е.В., Ануфриева Е.И. Энергетические ресурсы человека. Влияние языка.....	476

Тарханова М.А., Микула В.А., Елатов А.И. Оценка перспектив использования тепловых насосов на тепловых электрических станциях.....	478
Титова Е.А., Леонидов И.А. Изучение условий синтеза $YBaCo_4O_7$ – электродного материала для высокотемпературных топливных элементов.....	480
Фролов И.О. Учебно-контролирующее пособие для изучения норм радиационной безопасности.....	481
Ханова А.С., Саутченко Н.И., Очайкин К.В., Потапов В.Н., Костюнин В.В. Оптимизация схемы подачи генераторного газа на сжигание в котельных установках..	483
Четошников С.А. Разработка программы для определения ветрового потенциала местности и расчета параметров ВЭУ.....	486
Чизак А.С., Шерьязов С. К. Особенности автономного электроснабжения путем использования солнечной энергии.....	489
Шарпилов А.Ю., Ильин Ю. П. Оптимизация энергопотребления лабораторной биогазовой установки.....	490
Шаринов Э.Х., Шелубаев М.В. К методике выбора мощности ветроэнергетической установки.....	493
Ялаева Ю.А., Ануфриева Е.И. Энергетические ресурсы человека. Влияние цвета.....	496

Принятые сокращения

УрФУ	– ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» или Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург
Альметьевский государственный нефтяной институт	– ГБОУ ВПО Альметьевский государственный нефтяной институт
Вятский государственный университет	– ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», г. Киров
Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина	– ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
Ижевский государственный технический университет	– ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет»
Казанский государственный архитектурно-строительный университет	– ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»
Московский энергетический институт	– ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	– ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»
Национальный исследовательский Томский политехнический университет	– ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»	– ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург
Самарский государственный технический университет	– ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»
Тольяттинский государственный университет	– ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»
Тюменский государственный архитектурно-строительный университет	– ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет»
Ульяновский государственный технический университет	– ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»
Уфимский государственный авиационный технический университет	– ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
Челябинская государственная агроинженерная академия	– ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия»
Южно-Уральский государственный университет	– ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)